

Avaliação de risco baseado em métodos multicritérios: uma análise sistemática

Murilo de Geus Moro (UTFPR) murilomoro@hotmail.com

Flávio Trojan (UTFPR) trojan@utfpr.edu.br

Resumo:

A busca por sistemas de gestão mais eficientes com o propósito de diminuir ou eliminar riscos tornou-se um item de pesquisa para o desenvolvimento de empresas e sociedade. Este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão sistemática de pesquisas científicas sobre Avaliação de risco baseado em métodos multicritérios. A revisão sistemática foi construída utilizando o método Methodi Ordinatio. Os critérios para realizar a revisão teórica foram: palavras-chave ("management system" + "mcdm") ("risk evaluation" + "mcdm"), ano, JCR, número de citações e classificação. Após a aplicação do método, 20 artigos foram selecionados para discussão. Os artigos estudados apresentaram a predominância de alguns métodos multicritérios dentre eles o AHP, VIKOR e TOPSIS. Desta forma, os resultados podem ser utilizados para compreensão das influências sobre os riscos existentes e da eficácia de um sistema de gestão e contribuem para a literatura científica sobre métodos multicritérios e análises de riscos.

Palavras chave: MCDM, Risk Evaluation, Management System.

Risk assessment based on multicriteria methods: an analysis of scientific production

Abstract

The search for more efficient management systems for the purpose of reducing or eliminating risks has become a research item for the development of companies and society. This paper proposes a systematic review of scientific research on risk assessment based on multicriteria methods. The systematic review was constructed using the Methodi Ordinatio method. The criteria for performing the theoretical review were: "management system" + "mcdm", year, JCR, number of citations and classification. After applying the method, 20 articles were selected for discussion. The articles studied presented the predominance of some multicriteria methods among them AHP, VIKOR and TOPSIS. In this way the results can be used to understand the influences on the existing risks and the effectiveness of a management system and contribute to the scientific literature on multi-criteria methods and risk analysis.

Key-words: MCDM, Risk Evaluation, Management System.

1.Introdução

Segundo Ilbahar et al, (2018) análise de risco é a utilização ordenada das informações disponíveis para determinar riscos, enquanto a avaliação de riscos envolve julgamentos sobre a tolerabilidade do risco em relação a alguns critérios. Todo o processo de análise de risco e avaliação de risco é chamado de avaliação de risco.

Bystrzanowska et al, (2018) afirma que a abordagem multicritério leva a determinar um amplo espectro de pontos de vista que podem estruturar um processo decisório com relação às preferências das partes interessadas e a vasta quantidade de critérios. É necessário levar em consideração vários pontos de vista, por exemplo, finanças, recursos humanos, aspectos ambientais, atrasos, segurança, qualidade, ética, economia e muito mais.

Os autores Gul e Guneri, (2016) discorrem que existem muitas ferramentas quantitativas e qualitativas de avaliação de risco na literatura. A tomada de decisão multi-critério (MCDM) é uma das ferramentas mais importantes. O MCDM é um método que explica as preferências do tomador de decisão em ambientes de múltiplos critérios.

O uso de alguns métodos se faz válido para identificar, avaliar e minimizar os riscos de acidentes de trabalho evidenciando as exigências dos decisores. Portanto, o objetivo deste artigo é realizar uma análise sistemática científica de análise de riscos com base em métodos multicritérios.

Assim, este trabalho se divide da seguinte forma: o tópico 2 aborda a metodologia utilizada para se obter os resultados desta pesquisa; o tópico 3 apresenta e discute os resultados obtidos durante a pesquisa; o tópico 4 finaliza dispondo as conclusões do trabalho, limitações e projeções futuras para pesquisadores.

2. Métodos

Realizou-se uma revisão de literatura com o uso do Methodi Ordinatio (PAGANI, KOVALESKI, RESENDE; 2015). O Methodi Ordinatio auxilia o pesquisador a encontrar artigos relevantes através do equacionamento de alguns fatores: ano de publicação do artigo; o número de citações até o presente momento e o fator de impacto (JCR).

$$\text{InOrdinatio} = (\text{Fi} / 1000) + (\alpha * (10 - (\text{AnoPesq} - \text{AnoPub}))) + (\text{Ci})$$

- Fi: Fator de Impacto do artigo;
- α : fator de ponderação que pode variar de 1 a 10 pelo pesquisador;
- AnoPesq: ano em que a pesquisa foi desenvolvida;
- AnoPub: ano em que o documento foi publicado;
- Ci: número de vezes que o artigo foi citado.

Deste modo, com as informações referentes a cada artigo pesquisado nas bases de dados internacionais os dados são inseridos na equação, para uma melhor interpretação foi atribuído um valor de 10 ao “ α ”. Os trabalhos mais relevantes obtêm uma maior pontuação, pois, quanto mais recente for, quanto mais vezes citado e maior o fator de impacto, obterá uma pontuação maior aos demais.

Realizou-se uma pesquisa nas bases de dados internacionais, Scopus, ScienceDirect e Web of Science com as seguintes palavras-chaves:

- a) management system;
- b) mcdm;
- c) risk evaluation;

Atribuímos anos de 2017 a 2018 como um corte temporal envolvendo somente artigos. A pesquisa foi realizada combinando as palavras chaves com operadores booleanos nas bases de dados da seguinte forma:

1º - ("management system" AND "mcdm");

2º - ("mcdm" AND "risk evaluation").

Com relação a linguagem e País dos trabalhos não foi estipulado nenhuma em específico. Decidimos não limitar a alguns idiomas de modo a tornar a pesquisa mais vasta. Deste modo, iniciamos a análise e discussão dos resultados.

3. Resultados e discussão

A Tabela 1 demonstra a quantidade de trabalhos encontrados com a combinação das palavras chaves em cada uma das bases de dados científicas mencionadas resultando em um total de 278 artigos.

Palavras Chaves		Bases de Dados / Nº Artigos		
1º Eixo	2º Eixo2	ScienceDirect	Scopus	Web of Science
"management system"	"health and safety"	191	6	6
"management system"	"mcdm"	47	20	8

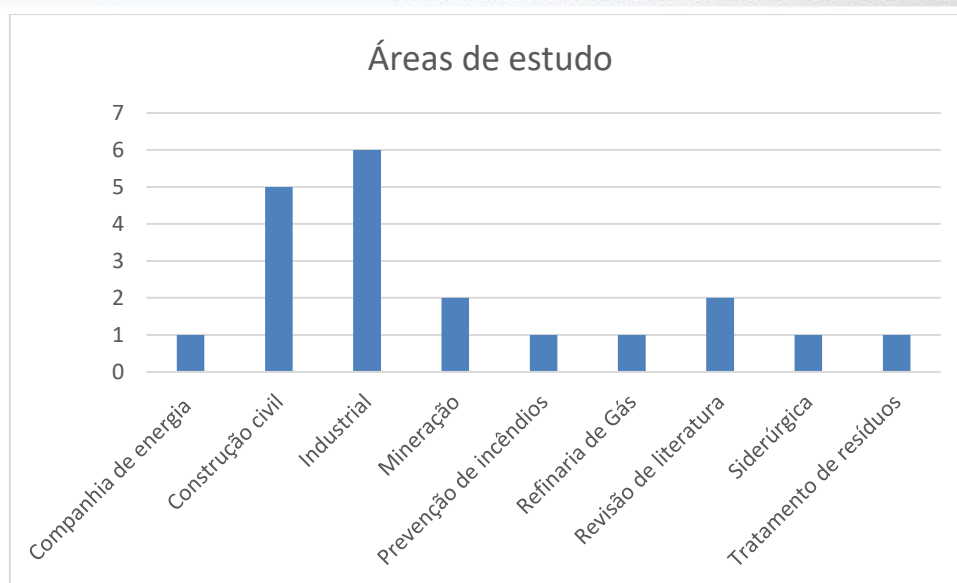
Tabela 1 – Quantidade de artigos encontrados

Fonte: Autores

A base de dados Scienc Direct apresentou uma quantidade de artigos superior as demais bases utilizadas e para evitar a duplicidade de trabalhos foi utilizado o Software Mendeley o qual verifica e corrige esta duplicidade que possa ocorrer.

Para a escolha dos artigos foi realizado uma filtragem efetuando a leitura dos abstracts para averiguar a concordância com tema da pesquisa obtendo ao final um total de 20 artigos. Posteriormente aplicamos o Methodi Ordinatio para classificar a relevância dos trabalhos pesquisados os quais estão referenciados no Quadro 1 com as identificações de 1 a 20.

Para os 20 artigos selecionados analisamos as áreas de estudos as quais são apresentados no Gráfico 1, métodos multicritérios e sua relação com análise de riscos, o ano de publicação, periódico/journal que foi publicado, o Fator de Impacto JCR, o número de citações que o artigo obteve até o momento e o índice do Methodi Ordinatio



Fonte: Autores

Gráfico 1 – áreas de estudo

A área “Industrial” apresentou uma maior quantidade de trabalhos, com um total de 30%. Na sequência “Construção civil” com 25% dos trabalhos pesquisados, a área de “mineração e revisão” com um total de 10% e as áreas de “prevenção de incêndios, refinaria de gás, siderúrgica, companhia de energia e tratamento de resíduos” com 5%.

Observa-se que vários autores elaboram trabalhos referentes ao método multicritério voltado para análise de riscos sendo assim foram analisadas as abordagens de alguns autores afim de verificar os estudos realizados, seus resultados e sua relevância.

O estudo elaborado por Fattahi et al, (2018) propõe um novo modelo híbrido *fuzzy* para análise dos modos de falha e seus efeitos (FMEA) em uma siderúrgica localizada no Iran, através de especialistas três fatores de riscos são obtidos para cada modo de falha. Os pesos dos três fatores e os pesos dos modos de falha são calculados pelos métodos AHP e MULTIMOORA respectivamente. O método MULTIMOORA *fuzzy* proposto calcula o peso de cada falha com base em três critérios, tempo, custo e lucro, posteriormente para cada falha, ações corretivas são realizadas para eliminar ou diminuir as falhas identificadas, em seguida o número de prioridades de risco corrigido é calculado para cada falha e realizada uma média para comparar a eficácia de ações corretivas por um novo método de classificação de números difusos.

O autor Bao et al, (2017) apresenta um método baseado em FMEA (modo de falha e análise de efeitos) e um modelo melhorado de AHP (processo de hierarquia analítica) para analisar, controlar e prevenir riscos à saúde ocupacional em uma indústria de mineração no sudoeste da província de Hubei. Três fatores de risco mais significativos (poeira, ruído e gás) são selecionados como objetos de pesquisa, o método FMEA e um questionário especializado são realizados para estabelecer a matriz de avaliação abrangente de cada indicador de acordo com o valor RPN (número de prioridade de risco) e, finalmente, um estudo de caso é conduzido

através do FMEA e do modelo AHP melhorado concluindo que a situação quanto aos sistemas de gestão de saúde e segurança ocupacional estão de acordo em modo geral.

O trabalho realizado por Inan et al, (2017) elaborou um modelo de tomada de decisão com múltiplos atributos (MADM) para determinar e comparar o desempenho do SGSST das empresas. O modelo utiliza os desempenhos de implementação OHSAS 18001: 2007 das empresas e compara-os com as condições da norma. A classificação indica o nível de consciência do SGSST de cada empresa em relação aos seus concorrentes. Determinamos a importância dos critérios (requisitos da OHSAS) pelo procedimento da Simos e o método VIKOR classifica as empresas em termos das avaliações dos consultores de qualidade. Dessa maneira, este estudo introduz o MADM como uma possível abordagem de comparação firme em termos de suas perspectivas de SGSST.

O estudo elaborado por Janackovic, et al, (2017) aplica uma abordagem sistêmica na análise de indicadores de segurança em uma empresa de distribuição de eletricidade na Sérvia com base na análise das causas dos erros mais comuns, bem como nas avaliações de risco no local de trabalho, utilizaram o método de análise multicritério AHP para selecionar os principais indicadores que afetam a melhoria do sistema de segurança, que podem ajudar a prevenir eventos adversos no ambiente de trabalho. Os principais indicadores de desempenho de segurança são determinados com base na avaliação de especialistas aplicando o método de tomada de decisão em grupo. O estudo de caso identificou fatores técnicos e humanos como dominantes para a melhoria da segurança na empresa.

Murè, et al, (2017) propõe a construção de uma ferramenta decisória para avaliar a exposição dos trabalhadores ao risco de acidentes no ambiente de trabalho industrial, é constituído pela combinação de duas análises específicas: Inicialmente com o uso do método SKM (SOM & K-Means) para a investigação da dinâmica de acidentes ocupacionais em um setor produtivo de referência e posteriormente com o uso do método FAP (*Fuzzy Logic approach*) para a investigação da dinâmica de acidentes ocupacionais em um setor produtivo de referência. Deste modo os autores desenvolveram uma ferramenta avançada para a avaliação de risco de acidente ocupacional que é capaz de levar em conta: O conhecimento que pode ser obtido a partir da análise de banco de dados de acidentes de todo o setor industrial através da análise SKM, a fenomenologia acidental de uma planta em estudo com a metodologia FAP e a frequência de ocorrência de um evento e o dano derivado dele.

A pesquisa de Raviv, et al, (2017) relata um estudo incidentes relacionados ao trabalho de guindastes e seu potencial de risco de segurança. Foram coletados dados de incidentes e acidentes criando assim um banco de dados. Os eventos relatados foram classificados de acordo com seu potencial em cinco grupos homogêneos de acidentes sendo aplicado o processo de hierarquia analítica (AHP) para avaliar os valores do nível de gravidade dos resultados quantitativos, calculando assim o potencial de risco total de cada evento. Os resultados da pesquisa revelam inter-relações entre fatores técnicos e fatores humanos referente a torre-guindaste.

O estudo de caso realizado por Yazdi (2018) aplica o método TOPSIS (Técnica para Preferência de Ordem por Similaridade à Solução Ideal) em uma refinaria de gás para lidar com as limitações de uma matriz de risco considerando as situações reais, em vez das mais nítidas e através do método AHP as incertezas dos tomadores de decisões em grupo usando opiniões de especialistas. Os objetivos deste trabalho foram melhorar a eficácia e

confiabilidade da abordagem proposta e obter uma técnica eficaz e abrangente de avaliação de risco.

O artigo desenvolvido por Hassanain et al, (2017) procura propor um sistema de classificação de segurança contra incêndios (SH-FSRS) para as instalações de alojamento de estudantes, através de estudos na literatura foram identificados os principais atributos de segurança contra incêndios, agrupando estes em três critérios: características do edifício; sistemas de segurança contra incêndio; e gestão e manutenção. Especialistas foram consultados para comparações pareadas para derivar os pesos para esses critérios e atributos através do processo de hierarquia analítica (AHP). O autor implementou o SH-FSRS desenvolvido em um conjunto de instalações estudantis obtendo as classificações e posteriormente forneceu as recomendações para melhorar o desempenho do sistema de segurança contra incêndios das instalações.

O estudo realizado por Amirshenava, et al, (2018) teve como objetivo desenvolver um procedimento genérico para o gerenciamento de risco de fechamento de mina. Para este fim, um modelo de risco tridimensional (3D) com base nos métodos AHP, PROMETHEE e TOPSIS foi desenvolvido para avaliar os riscos de fechamento de mina. A recuperação de minas é um trabalho de risco que requer a seleção da otimização do uso da terra pós-mineração (PMLU). O PMLU ideal depende dos riscos identificados pelo modelo de risco 3D. Além disso, uma abordagem híbrida envolvendo três métodos Métodos de decisão multicritério (MCDM) foi desenvolvida para a seleção ótima de PMLU. Vinte e seis critérios diferentes foram propostos.

Wang, Le et al, (2018) apresenta estrutura de tomada de decisão com informação *fuzzy* de imagem para avaliação de risco em projeto de construção. Primeiro, várias limitações do modelo de projeção *fuzzy* de imagem existente são identificadas. Em segundo lugar, um modelo de projeção normalizada *fuzzy* de imagem (PFNP) é proposto para superar as limitações do modelo de projeção *fuzzy* de imagem existente. Terceiro, um método de peso de entropia de conjuntos *fuzzy* de imagem é estabelecido para calcular o vetor de peso objetivo dos critérios. Além disso, um método VIKOR baseado em projeção normalizada *fuzzy* de imagem integrada é construído integrando o modelo PFNP e o método VIKOR sob o ambiente *fuzzy* de imagem.

Portanto, observa-se que há análise multicriterial de riscos pode ser aplicada em diversos setores, mesmo contendo centenas de métodos diferentes visualizou-se uma ocorrência maior do método processo de hierarquia analítica (AHP) nos trabalhos pesquisados com predominância nas áreas de construção civil e industrial. Um dos principais objetivos dos trabalhos pesquisados é abordar sobre melhorar a capacidade do sistema de gestão de saúde e segurança do trabalho com avaliações de risco mais abrangentes.

Os resultados alcançados são demonstrados com a elaboração do referencial teórico sistematizado a partir dos artigos pesquisados que realizaram estudos de análises de riscos baseados em métodos de multicritérios. Os artigos referentes estão descritos no Quadro 1 o qual apresenta a identificação e classificação obtida pela aplicação do Methodi Ordinatio.

O artigo que obteve o maior índice do Methodi Ordinatio durante o período determinado da pesquisa foi o estudo elaborado por Goerlandt, F et al, (2017) “Validity and validation of safety-related quantitative risk analysis: A review” pois foi o trabalho que mais vezes foi citado.

Nº	Artigos.	Jornal	Fi	Ci	Ano	InOrdin
1	Validity and validation of safety-related quantitative risk analysis: A review	SUSTAINABILITY	2.246	20	2017	112
2	AHP-based analysis of the risk potential of safety incidents: Case study of cranes in the construction industry	International Journal of Safety and Security Engineering	2.246	17	2017	109
3	Risk evaluation using a novel hybrid method based on FMEA, extended MULTIMOORA, and AHP methods under fuzzy environment	Safety Science	2.246	5	2018	107
4	A novel approach to risk assessment for occupational health and safety using Pythagorean fuzzy AHP & fuzzy inference system	Safety Science	2.246	5	2018	107
5	Picture fuzzy normalized projection-based VIKOR method for the risk evaluation of construction project	International Journal of Productivity and Quality Management	3.541	3	2018	107
6	Mine closure risk management: An integration of 3D risk model and MCDM techniques	International Journal of occupational safety and ergonomics	5.175	1	2018	106
7	A multiple attribute decision model to compare the firms' occupational health and safety management perspectives	Safety Science	2.246	13	2017	105
8	An integrated management system: from various aspects of the literature to a maturity model based on the process approach	Safety Science	0	4	2018	104
9	Risk assessment based on novel intuitionistic fuzzy-hybrid-modified TOPSIS approach	Safety Science	2.246	1	2018	103
10	A novel multi-criteria decision making method for assessing health-care waste treatment technologies based on D numbers	Safety Science	0	1	2018	101
11	An Occupational Disease Assessment of the Mining Industry's Occupational Health and Safety Management System Based on FMEA and an Improved AHP Model	Automation in Construction	1.789	7	2017	99
12	Automated classification of construction site hazard zones by crowd-sourced integrated density maps	International Journal of Productivity and Quality Management	2.919	3	2017	96
13	How harsh work environments affect the occupational accident phenomenology? Risk assessment and decision making optimisation	Safety Science	2.246	3	2017	95
14	Development of GRAM – A risk measurement tool using risk based thinking principles	Applied Ergonomics	2.359	2	2017	94
15	A ranking system for fire safety performance of student housing facilities	Measurement	2.246	2	2017	94
16	Field tests of a participatory ergonomics toolkit for Total Worker Health	Safety Science	1.866	2	2017	94
17	Prioritisation of quality management principles based on critical success factors of TQM using integrated approach of MCDM and IPA - The case of Marjan Tile Company	Engineering Applications of Artificial Intelligence	0	3	2017	93
18	A 10-step safety management framework for construction small and medium-sized enterprises	Safety Science	0	3	2017	93
19	Selection of key indicators for the improvement of occupational safety system in electricity distribution companies	Journal of Cleaner Production	2.246	0	2017	92
20	Improvement of an integrated management system resulting in higher industrial safety efficiency	Applied Soft Computing	0	0	2017	90

Visualizou-se, que os trabalhos procuram mostrar como identificar os fatores críticos que podem gerar riscos, como fatores humanas, técnicos e suas frequências de ocorrência, sendo

possível também replicar os métodos e procedimentos utilizados para diversas áreas de interesse.

5. Conclusões

Empresas, pesquisadores e sociedades estão mais preocupados sobre como amenizar riscos em diversos lugares, com intuito de fornecer uma melhora na qualidade do trabalho e na qualidade de vida. Deste modo os resultados obtidos permitem concluir que muitos estudos científicos de impacto consideráveis estão sendo desenvolvidos.

Os principais trabalhos elaborados têm como objetivo aprimorar os sistemas de gestão já existentes ou comparar sua eficiência com outros modelos aumentando sua confiabilidade, posteriormente oferecendo as devidas recomendações para a correta adequação do sistema

Deste modo os resultados desse artigo, possibilitaram a compreensão das influências de sistemas de gestão de riscos eficientes minimizando os eventuais riscos que possam existir, expondo os pontos críticos necessários a correção e fornecendo dados concretos. Trabalhos futuros podem abranger um período de tempo maior e focar em uma determinada área específica.

Referências

- AMIRSHENAVA, S., & OSANLOO, M.** *Mine closure risk management: An integration of 3D risk model and MCDM techniques.* Journal of Cleaner Production, 184, 389-401, 2018.
- BAO, J., JOHANSSON, J., & ZHANG, J.** *An Occupational Disease Assessment of the Mining Industry's Occupational Health and Safety Management System Based on FMEA and an Improved AHP Model.* Sustainability, 9(1), 94, 2017.
- BEREZYUK, M., RUMYANTSEVA, A., & CHEBOTAREVA, G.** *Improvement Of An Integrated Management System Resulting In Higher Industrial Safety Efficiency.* Seismic Resistant Structures, 157, 2018.
- BYSTRZANOWSKA, M., & TOBISZEWSKI, M.** *How can analysts use multicriteria decision analysis?.* TrAC Trends in Analytical Chemistry, 2018.
- FATTAHI, R., & KHALILZADEH, M.** *Risk evaluation using a novel hybrid method based on FMEA, extended MULTIMOORA, and AHP methods under fuzzy environment.* Safety Science, 102, 290-300, 2018.
- GOERLANDT, F., KHAKZAD, N., & RENIERS, G.** *Validity and validation of safety-related quantitative risk analysis: A review.* Safety Science, 99, 127-139, 2017.
- GOHARSHENASAN, A., & SHAHIN, A.** *Prioritisation of quality management principles based on critical success factors of TQM using integrated approach of MCDM and IPA-the case of Marjan Tile Company.* International Journal of Productivity and Quality Management, 21(1), 112-128, 2017.
- GUL, M., & GUNERI, A. F..** *A fuzzy multi criteria risk assessment based on decision matrix technique: a case study for aluminum industry.* Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 40, 89-100, 2016.
- GUNDUZ, M., & LAITINEN, H.** *A 10-step safety management framework for construction small and medium-sized enterprises.* International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 23(3), 353-359, 2017.
- HASSANAIN, M. A., HAFEEZ, M. A., & SANNI-ANIBIRE, M. O.** *A ranking system for fire safety performance of student housing facilities.* Safety science, 92, 116-127, 2017.
- ILBAHAR, E., KARAŞAN, A., CEBI, S., & KAHRAMAN, C.** *A novel approach to risk assessment for occupational health and safety using Pythagorean fuzzy AHP & fuzzy inference system.* Safety science, 103, 124-136, 2018.
- İNAN, U. H., GÜL, S., & YILMAZ, H.** *A multiple attribute decision model to compare the firms' occupational health and safety management perspectives.* Safety science, 91, 221-231, 2017.
- JANACKOVIC, G., STOJILJKOVIC, E., & GROZDANOVIC, M.** *Selection of key indicators for the improvement of occupational safety system in electricity distribution companies.* Safety Science, 2017.

LI, H., YANG, X., SKITMORE, M., WANG, F., & FORSYTHE, P. *Automated classification of construction site hazard zones by crowd-sourced integrated density maps.* Automation in Construction, 81, 328-339, 2017.

MOUMEN, M., & ELAOUFIR, H. *An integrated management system: from various aspects of the literature to a maturity model based on the process approach.* International Journal of Productivity and Quality Management, 23(2), 218-246, 2018.

MURÈ, S., COMBERTI, L., & DEMICHELA, M. *How harsh work environments affect the occupational accident phenomenology? Risk assessment and decision making optimisation.* Safety science, 95, 159-170, 2017.

NOBREGA, S., KERNAN, L., PLAKU-ALAKBAROVA, B., ROBERTSON, M., WARREN, N., HENNING, R., & CPH-NEW RESEARCH TEAM. *Field tests of a participatory ergonomics toolkit for Total Worker Health.* Applied ergonomics, 60, 366-379, 2017.

PAČAIOVÁ, H., SINAY, J., & NAGYOVÁ, A. *Development of GRAM—A risk measurement tool using risk based thinking principles.* Measurement, 100, 288-296, 2017.

RAVIV, G., SHAPIRA, A., & FISHBAIN, B. *AHP-based analysis of the risk potential of safety incidents: Case study of cranes in the construction industry.* Safety science, 91, 298-309, 2017.

WANG, L., ZHANG, H. Y., WANG, J. Q., & LI, L. *Picture fuzzy normalized projection-based VIKOR method for the risk evaluation of construction project.* Applied Soft Computing, 64, 216-226, 2018.

XIAO, F. *A novel multi-criteria decision making method for assessing health-care waste treatment technologies based on D numbers.* Engineering Applications of Artificial Intelligence, 71, 216-225, 2018.

YAZDI, M. *Risk assessment based on novel intuitionistic fuzzy-hybrid-modified TOPSIS approach.* Safety Science, 2018.

açúcar no Estado de São Paulo, Brasil. Cad. Saúde Pública 33(3):e00211415, 2017.

WHO. THE WHOQOL GROUP. *The development of the World Health Organization quality of life assessment instrument (the WHOQOL).* In: Orley J, Kuyken W, Quality of life assessment international perspectives. Heidelberg: Springer Verlag, p.41-60, 1994.