

Métodos Quantitativos para Gestão de Risco em Projetos: Uma Revisão da Literatura

Quantitative Methods for Project Risk Management: A Literature Review

Cássio Pereira de Paula¹, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica
Gabrielly Araújo Cordeiro², Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica
Izabela Simon Rampasso³, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica
Robert Eduardo Cooper Ordóñez⁴, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica
Rosley Anholon⁵, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica

RESUMO

Em um mundo globalizado, as organizações estão constantemente expostas a incertezas. Por isso, a gestão de riscos é fundamental. Para realização da análise de risco em projetos, seis processos de gerenciamento são definidos, de acordo com o guia de gerenciamento de projetos do Project Management Institute, sendo o foco deste trabalho o estudo do processo de avaliação quantitativa. Por meio de uma revisão de literatura, buscou-se entender quais os meios (técnicas) de analisar quantitativamente os riscos em projetos. Notou-se que toda aplicação exige grande investimento seja ele computacional, financeiro ou de conhecimento humano, tornando quase inviável a utilização desse processo de gerenciamento em projetos de menor porte. Nos 33 artigos analisados, foram levantados ao todo 8 métodos quantitativos para análise de risco em gestão de projetos. Os resultados dessa pesquisa podem ser utilizados tanto por pesquisadores, para pesquisas futuras, como por profissionais de mercado, para analisar a ferramenta que mais se adequa às suas necessidades.

Palavras-chave: Gerenciamento de projeto. Gestão de risco. Análise quantitativa. Métodos quantitativos.

Editor Responsável: Prof.
Dr. Hermes Moretti Ribeiro da
Silva

ABSTRACT

In a globalized world, organizations are constantly exposed to uncertainties. Therefore, risk management is important. To conduct the risk analysis in projects, six management processes are defined, according to the project management guide of the Project Management Institute, and the focus of this work is the study of the quantitative evaluation process. Through a literature review, we aimed to understand the techniques of quantitative analysis of the risks in projects. It was noted that every application requires major investment, whether it be for computational purposes, or for financial or human knowledge, making the use of this management process in smaller projects almost unfeasible. In the 33 articles analyzed, 8 quantitative methods for risk analysis in project management were collected. The results of this research can be used both by researchers, for future research, and by market professionals, to analyze the tool that best suits their needs.

Keywords: Project management. Risk analysis. Quantitative analysis. Quantitative methods.

1. Rua Mendeleev, 200, Cidade Universitária “Zeferino Vaz” Barão Geraldo, 13083-860, Campinas-SP, cassio2014@fem.unicamp.br; 2. gcordeiro@fem.unicamp.br; 3. izarampasso@gmail.com; 4. cooper@fem.unicamp.br; 5. rosley@fem.unicamp.br
DE PAULA, C. P.; CORDEIRO, G. A.; RAMPASSO, I.S.; ORDÓÑEZ, R. E. C.; ANHOLON, R. Métodos quantitativos para gestão de risco em projetos: uma revisão da literatura. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 14, n. 2, p. 129 – 148, 2019.

DOI: 10.15675/gepros.v13i4.2210

1. INTRODUÇÃO

Diante do atual ambiente competitivo, as organizações estão constantemente expostas a riscos. Por isso, a reavaliação dos modelos de negócios e a busca por oportunidades de melhorias é cada vez maior no meio empresarial. Entretanto, tais mudanças estratégicas apresentam alto grau de incertezas e, por isso, requerem cuidado (CARVALHO; SALGADO, 2016; FOCACCI, 2017; TORABI; GIAHI; SAHEBJAMNIA, 2016).

No caso de projetos, o risco caracteriza-se pela incerteza relacionada ao resultado de um efeito. Como exemplos, podem-se citar questões como cronograma e custo do projeto, as quais podem, por diversas razões, apresentar resultados positivos ou negativos (ADEDOKUN *et al.*, 2013; CAGLIANO; GRIMALDI; RAFELE, 2015; FOCACCI, 2017; PARKER *et al.*, 2013; PMBOK, 2013).

Nesse contexto, o gerenciamento de riscos pode ser utilizado como uma importante ferramenta para as empresas aumentarem sua competitividade em nível global (DOMINGUES; BAPTISTA; DIOGO, 2017; HU; WU, 2016; OLECHOWSKI *et al.*, 2016). A importância do gerenciamento de riscos é ressaltada na literatura (CAGLIANO; GRIMALDI; RAFELE, 2015; KUŠAR *et al.*, 2013).

O gerenciamento de riscos tem como objetivo assegurar que as atividades atendam às necessidades do projeto, através da minimização dos riscos (FIRMENICH, 2017; MURIANA; VIZZINI, 2017; PARKER *et al.*, 2013). Kušar *et al.* (2013) apontam que a análise de risco é fundamental para a gestão de riscos nas organizações.

Dentre as razões para a crescente importância do gerenciamento de riscos para as empresas, podem-se citar a minimização das ameaças aos projetos e a potencialização do aproveitamento de oportunidades, encontradas ao longo do ciclo de vida do projeto, as quais podem influenciar os resultados e objetivos do projeto (HU; WU, 2016).

Dessa forma, o interesse das empresas pela gestão de riscos é cada vez maior (THEKDI; AVEN, 2016). Apesar disso, muitos gerentes de projetos não conseguem fazer uma gestão de riscos adequada (OLECHOWSKI *et al.*, 2016).

Apesar da abundância de informações a respeito do tratamento de riscos, seus desdobramentos para a área de gestão ainda enfrentam muitos desafios, visto que a

implementação do processo de gerenciamento de risco ainda não possui uma metodologia consolidada (GOVAN; DAMNJANOVIC, 2016).

A análise de riscos pode ser feita de forma qualitativa ou quantitativa, conforme os recursos e as necessidades do projeto. A análise de risco qualitativa caracteriza-se por ser subjetiva e seu ranqueamento é descritivo. Trata-se de uma análise feita de forma preliminar, antes de uma análise mais acurada (ADEDOKUN *et al.*, 2013). Dessa forma, as análises qualitativa e quantitativa se complementam.

Para que o gerenciamento de riscos seja eficiente, a capacidade de quantificar os elementos de risco é essencial. Entretanto, analisar quantitativamente os riscos em um projeto é muitas vezes uma atividade muito complexa devido à necessidade de aplicação de estatísticas avançadas e métodos matemáticos (PURNUS; BODEA, 2014). Conseqüentemente, muitas organizações ainda não fazem o gerenciamento de riscos em seus projetos (VALE; CARVALHO, 2016). Por isso, faz-se necessário um maior entendimento a respeito dos métodos utilizados para analisar quantitativamente os riscos em um projeto.

Diante do panorama apresentado, este trabalho busca esclarecer o questionamento: *Quais métodos de análise quantitativa de risco são empregados no contexto de gerenciamento de projetos atualmente?*

Considerando esta questão de pesquisa, desdobra-se o objetivo de apresentar uma revisão da literatura sobre métodos quantitativos aplicados para gestão de risco em projetos. Para isso, na próxima seção, será feita a revisão da literatura sobre os aspectos gerais do gerenciamento de projetos e gestão de riscos, e sobre análise quantitativa de risco. Em seguida, apresenta-se a metodologia utilizada. Na seção de resultados, são apresentados os principais métodos quantitativos de gestão de risco encontrados na literatura e também é feita uma discussão teórica de pontos relevantes. Por fim, são feitas as considerações finais sobre a temática pesquisada.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A gestão de riscos é um tema bastante pesquisado na área de gestão de projetos, sendo esse gerenciamento um ponto importante para o sucesso dos projetos dentro das empresas (EIRAS *et al.*, 2017). Além de evitar perdas, a gestão de riscos auxilia a organização à obter

mais benéficos, o que potencializa os ganhos do negócio (ELBARKOUKY *et al.*, 2016; HU; WU, 2016).

Existem diversas formas para representação dos riscos, desde matrizes com classificações de categorias até métodos quantitativos como árvore de falha e eventos, estimação de distribuições de probabilidade e modelos estatísticos (GOVAN; DAMNJANOVIC, 2016). Quando o risco é avaliado ao longo do tempo e adequadamente, podem ser tomadas medidas corretivas para melhorar os aspectos mais fracos de gerenciamento do risco que aumentarão os benefícios para a empresa (ZHAO; HWANG; LOW, 2013).

O gerenciamento de risco envolve a identificação, análise e gestão da equipe para prover respostas aos riscos. Essa gestão ocorre através da escolha da melhor estratégia para reduzir a probabilidade de ocorrência do risco ou a magnitude de seu impacto negativo (FAN; LIN; SHEU, 2008; GOVAN; DAMNJANOVIC, 2016). A quantificação correta e acurada dos elementos de risco determina a eficiência desse gerenciamento (PURNUS; BODEA, 2014). Além disso, essa estratégia deve estar diretamente ligada as características individuais de cada projeto (FAN; LIN; SHEU, 2008).

Tendo como base a estrutura proposta pelo *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK), os processos de gerenciamento de projeto relacionados a área de conhecimento de riscos ocorrem principalmente durante a fase de planejamento do projeto, sendo somente o processo de controle de riscos pertencente ao grupo de processo de monitoramento e controle (PMBOK, 2013).

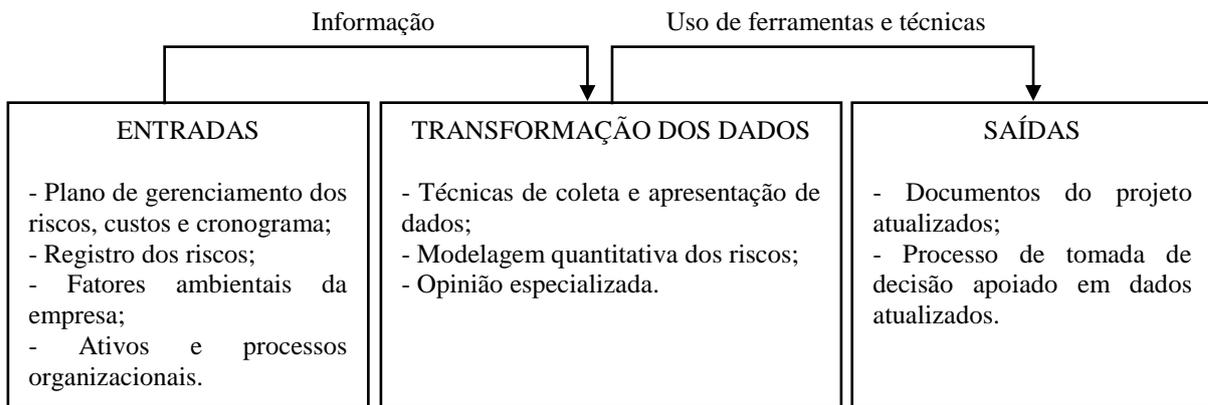
Após o planejamento e identificação dos riscos do projeto, realiza-se a análise qualitativa. Neste processo, faz-se uma primeira visão subjetiva com o propósito de priorizar e, também, determinar o que precisa ou não ser analisado quantitativamente antes de ser construído o plano de resposta aos riscos. No processo de análise quantitativa, as informações das fases anteriores são utilizadas para avaliar os riscos numericamente. Em geral, devido a sua complexidade, este tipo de análise é realizado nos riscos priorizados pela análise qualitativa (PMBOK, 2013).

Segundo Hu e Wu (2016), a gestão de riscos estruturada fornece estratégias práticas de gestão de acordo com a situação existente e o conhecimento profissional das empresas. A análise qualitativa, por sua vez, baseia-se na experiência da equipe e apresenta como aspectos

negativos: a omissão de fatores de risco importantes, a análise incompleta de alguns fatores de risco, a falta da análise das interações dos fatores e as falhas do projeto.

Uma visão específica sobre o processo de análise quantitativa dos riscos é ilustrada na Figura 1.

Figura 1 – Processos de gerenciamento de projeto para análise quantitativa de risco.



Fonte: Adaptado de PMBOK (2013).

A Figura 1 mostra como resultado final da análise quantitativa de risco, a documentação atualizada, sendo também a maior contribuição deste processo de gerenciamento a produção de dados quantitativos para apoio a tomada de decisão.

Quando não há dados para desenvolver os modelos apropriados para a realização de análise quantitativa dos riscos, o gerente de projetos deve usar a sua opinião especializada para determinar a necessidade e a viabilidade da análise quantitativa dos riscos.

De acordo com Purnus e Bodea (2014), em uma entrevista realizada com pesquisadores e profissionais da área de análise de risco de projetos, foi verificado que as pessoas conheciam a utilidade da análise quantitativa dos riscos de projetos, no entanto, apontavam como barreiras o fato deste tipo de análise não ser bem entendido, não estar integrado no gerenciamento do projeto e não ser de fácil explicação para os tomadores de decisões de alto nível.

Por este motivo devem ser estimulados mais estudos voltados para a popularização e maior adoção destes métodos, objetivando mostrar que embora tenham um nível de aplicação um pouco mais complexo que métodos qualitativos, possuem a vantagem de proporcionar previsões com maior precisão.

3. METODOLOGIA

A pesquisa descrita pelo presente artigo é caracterizada como revisão da literatura, visto que se utilizou desta metodologia para atingir os objetivos propostos. Inicialmente, definiu-se o problema de pesquisa. Neste caso, o problema de pesquisa definido foi: *Quais métodos de análise quantitativa de risco são empregados no contexto de gerenciamento de projetos atualmente?*

Em seguida, foram determinadas quais as bases de dados usadas para a realização da pesquisa. As bases escolhidas foram: *Web of Science* e *Engineering Village* – COMPENDEX. O termo utilizado para a busca de artigos foi: “*risk in project management*”. Nos artigos encontrados, as palavras-chave mais frequentes foram: “*risk management*”, “*risk*”, “*risk assessment*”, “*project risk management*”. Dentre essas palavras-chave, as adotadas: “*project risk management*”, “*quantitative risk analysis*”, com o intuito de nas próximas etapas filtrar somente os trabalhos que se tratavam de métodos quantitativos utilizados para gestão de riscos em projetos. Para esta busca foi utilizado o operador booleano “AND” a fim de afunilar os resultados para trabalhos referentes a gestão de risco em projetos e análise quantitativa de risco. Foram encontrados ao todo 225 artigos. Dentre esses artigos, 33 abordavam métodos quantitativos para análise de riscos e foram utilizados na análise.

4. RESULTADOS

O presente estudo se propôs a realizar um levantamento da literatura referente aos métodos quantitativos para gestão de riscos. Na pesquisa realizada obteve-se um total de 33 artigos que abordam assuntos alinhados ao objetivo proposto, a fim de facilitar a apresentação do conhecimento obtido com a leitura dos trabalhos, foram estruturadas as Tabelas 1, 2 e 3. Para facilitar a apresentação das demais tabelas, na Tabela 1, foram atribuídos números para os métodos levantados na literatura. Na Tabela 2, apresentaram-se as referências que abordaram cada método. Na Tabela 3 são apresentadas as vantagens e desvantagens de cada método.

Tabela 1 – Numeração dos métodos.

Método	Número
Lógica Fuzzy	1
Simulação de Monte Carlo	2
Árvore de Decisão ou Árvore Quantitativa de Falhas	3
Probabilidade e Estatística	4
Processos Estocásticos (Rede de Risco Estocástica)	5
Análise Sensibilidade	6
Análise do Valor Monetário Esperado	7
Redes Bayseanas	8

Fonte: Autores (2017).

Tabela 2 - Referências que mencionam cada método.

Referências	Método							
	1	2	3	4	5	6	7	8
(ELBARKOUKY et al., 2016)	X							
(LEE, 2015)	X							
(ROGHANIAN; MOJIBIAN, 2015)	X							
(TAYLAN et al., 2014)	X							
(ABDELGAWAD; FAYEK, 2011)	X		X					
(KHAZAENI; KHANZADI; AFSHAR, 2012)	X							
(DEL CAÑO et al., 2016)	X							
(VALIPOUR et al., 2016)	X							
(ABDELGAWAD; FAYEK, 2012)	X		X				X	
(GHAFFARI; SHEIKHAHMADI; SAFAKISH, 2014)	X							
(NIETO-MOROTE; RUZ-VILA, 2011)	X							
(SACHS; TIONG, 2009)	X							
(TAH; CARR, 2001)	X							
(TRAN; MOLENAAR, 2015)		X				X		
(GOVAN; DAMNJANOVIC, 2016)		X		X				X
(LIU; YOKOYAMA, 2015)		X	X					
(JING et al., 2012)		X	X			X	X	
(PURNUS; BODEA, 2014)		X						
(KARMPERIS et al., 2012)		X						
(WANG; CHANG; EL-SHEIKH, 2012)		X						
(LIN; JIANG, 2011)		X						
(RASOOL et al., 2012)			X					
(KRYSSINSKI; ANDERS, 2005)			X					
(MURIANA; VIZZINI, 2017)				X				
(BURCAR DUNOVIC; RADUJKOVIC; VUKOMANOVIC, 2016)				X				
(JAVANI; RWELAMILA, 2016)				X	X			
(FAN; LIN; SHEU, 2008)				X				
(NADERPAJOUH et al., 2014)					X			
(CREEMERS; DEMEULEMEESTER; VAN DE VONDER, 2014)					X			
(FANG et al., 2013)					X			
(MOUSSA; RUWANPURA; JERGEAS, 2007)					X			
(LIU et al., 2017)						X		
(KIM, 2015)							X	

Fonte: Autores (2017).

Tabela 3 - Vantagens e desvantagens dos métodos analisados.

Método	Vantagens	Desvantagens
1	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Capaz de trabalhar com informações não-quantificáveis, incompletas ou que não possam ser obtidas; ✓ Termos linguísticos para avaliação; ✓ Tratam melhor os dados com incerteza de informações de probabilidade e impacto. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Alta complexidade; ✓ Grande esforço computacional nas simulações; ✓ Baixa utilização em pequenos projetos; ✓ Metodologia complexa; ✓ Metodologia pouco disseminada entre os gestores de projeto.
2	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Resultados probabilísticos; ✓ Resultados gráficos; ✓ Análise de sensibilidade; ✓ Análise de cenário; ✓ Correlação de dados de entrada; ✓ Modelar as relações interdependentes entre as variáveis de entrada. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Necessidade de software para simulação e análises; ✓ Necessidade de conhecimento especializado; ✓ Sensível a erro; ✓ Amostragem aleatória que impede que os resultados se repitam; ✓ Necessidade de habilidade com modelamento matemático.
3	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Avalia falhas múltiplas; ✓ Pode ser configurado para eventos positivos (oportunidades); ✓ Permite uma análise qualitativa e quantitativa; ✓ Tem representação gráfica; ✓ Fácil compreensão; ✓ Identifica as causas raiz. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Não considera falhas parciais; ✓ Alta complexidade; ✓ Necessita de uma avaliação; precisa da probabilidade de ocorrência e ganhos de cada situação; ✓ Inviável para grandes sistemas.
4	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Resultados probabilísticos; ✓ Resultados gráficos; ✓ Correlação de dados de entrada. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Alta complexidade; ✓ Requer software; ✓ Necessidade de conhecimento especializado.
5	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Apresenta incertezas sem sacrificar os detalhes da modelagem que refletem as características do sistema; ✓ Integração e comunicação com outros métodos. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Esforço computacional elevado; ✓ Alta complexidade.
6	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Avalia o impacto de certas variações em uma variável sobre os indicadores de desempenho do projeto; ✓ Permite a montagem de cenários para ajustar o orçamento disponível do projeto às eventualidades e intercorrências futuras; ✓ Permite apresentar estatísticas sobre os indicadores de desempenho do projeto. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Não reflete a probabilidade de ocorrência da variação; ✓ Considera as variáveis independentes, não possibilitando uma avaliação do impacto de múltiplas variáveis no objetivo.
7	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Considera a probabilidade de risco e benefícios monetários; ✓ Muitas vezes está associado a árvore de decisão. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Considera que as variáveis são independentes; ✓ Necessita de uma hipótese de risco.
8	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Permite analisar as inter-relações entre os fatores riscos em um projeto; ✓ Permite a coexistência, na mesma rede, de diversas fontes de risco; ✓ Permite utilizar dados incompletos; ✓ Integração com outros métodos. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Necessidade de definições das variáveis que devem ser consideradas e suas interdependências; ✓ Necessidade de disponibilização dos dados para escolha da distribuição estatística a ser utilizada.

Fonte: Autores (2017).

Com base nos resultados da Tabela 2, é possível identificar que foram levantados 8 diferentes métodos de análise quantitativa de risco, são eles: Lógica Fuzzy, Simulação de

Monte Carlo, Árvore de Decisão ou Árvore Quantitativa de Falhas, Probabilidade e Estatística, Processos Estocásticos (Rede de Risco Estocástica), Análise de Sensibilidade, Análise do Valor Monetário Esperado ou *Earned Value Analysis* (EVM) e Redes Bayesianas. Esses métodos serão detalhados abaixo.

Identifica-se a grande tendência de utilização da Lógica Fuzzy quando comparada com os demais métodos. O diferencial deste método está na possibilidade de transformação de variáveis linguísticas, ou seja, qualitativas, em variáveis quantitativas (QUIJANO; CANEN; COSENZA, 2013). Isto é considerado um ponto positivo na área de gestão de riscos devido facilidade de tratamento dos dados que muitas das vezes baseiam-se em julgamentos de profissionais. Essa lógica difusa fundamenta-se em um princípio inverso à lógica booleana, no qual as variáveis podem assumir qualquer valor contido no intervalo [0,1]. Ela favorece a tomada de decisão no que tange a gestão, por ser uma das ferramentas da matemática que emprega a experiência do ser humano para gerar raciocínio lógico (MENDIBURU, 2008; QUIJANO; CANEN; COSENZA, 2013). Como exemplo de combinação envolvendo métodos quantitativos, mais especificamente Lógica Fuzzy, para realização da análise de riscos em projetos, o trabalho de Abdelgawad e Fayek (2011) mostra uma proposta de utilizar a Lógica Fuzzy para quantificar a probabilidade de ocorrência de eventos básicos, baseados em distribuições de possibilidade que corresponde a uma adequada correlação da opinião dos especialistas com a faixa de probabilidade de ocorrências fornecida pela Lógica Fuzzy, e o seu nível de contribuição para a probabilidade do evento de risco.

O Método de Monte Carlo, segundo Moore e Weatherford (2008 *apud* LIMA *et al.*, 2008) surge como uma alternativa que pode ser utilizada largamente na avaliação de projetos, nos quais os riscos envolvidos podem ser expressos de forma simples e de fácil leitura, e as simulações auxiliam a decisão. Trata-se de uma técnica matemática computadorizada que fornece ao decisor uma gama de resultados possíveis e as probabilidades de ocorrências desses resultados de acordo com a ação escolhida como decisão. A análise de risco em projetos é realizada através de simulação de Monte Carlo operando por meio da construção de modelos de possíveis resultados, substituindo por uma distribuição de probabilidade todo fator com incerteza inerente ao projeto. Em seguida, ela calcula os resultados repetidamente com outros conjuntos de valores aleatórios gerados por funções de probabilidades. Esta ferramenta possui excelentes recursos para soluções em gerenciamento de projetos, oferecendo a melhor mineração de dados dos resultados gerados, a fim de facilitar o processo

decisório dos Gerentes de Projeto (PM – do inglês, *Project Management*) (RODRÍGUEZ, 2013).

Uma análise de árvore de falhas (FTA – do Inglês, *Fault Tree Analysis*) é um procedimento dedutivo que busca identificar, a partir de uma ocorrência indesejável (Evento Topo), que em projetos pode ser um evento de risco, as possíveis causas para esta falha, identificando também a probabilidade de ocorrência e os conjuntos mínimos de fatores que podem levar a esta falha (*minimal cut sets*). Segundo Abdelgawad e Fayek (2012), as árvores de falhas podem ser resolvidas qualitativa e quantitativamente. Esta técnica permite a aplicação de conceitos da álgebra booleana (teoria dos conjuntos) e também uma análise quantitativa da probabilidade de ocorrência do evento topo indesejado.

A probabilidade e a estatística são ramos da matemática que estudam as possibilidades de um fenômeno ocorrer e fornecem subsídios para a organização, análise e apresentação de dados. De acordo com Guimarães (2008), esta área de conhecimento é definida por um conjunto de técnicas de análise de dados, cientificamente formuladas, aplicáveis a quase todas as áreas do conhecimento, e que nos auxiliam no processo de tomada de decisão. No contexto de projetos é bastante comum a utilização de uma distribuição de probabilidades para modelar o comportamento de uma variável de risco. A construção de uma distribuição de probabilidades para a variável de projeto selecionada envolve a montagem de um intervalo de valores e pesos de probabilidade de alocação para esses valores. Deve ser enfatizado que, na prática, a definição de uma distribuição de probabilidades é um processo iterativo. Intervalos de valores são especificados tendo em mente um perfil de probabilidade particular, embora a definição de um intervalo de valores para uma variável de risco, frequentemente, influencia a decisão a respeito da alocação das probabilidades.

Apesar de não ser possível prever a ocorrência exata de muitos fenômenos, é possível estimar as probabilidades associadas a diferentes estados que estes podem assumir em um determinado tempo decorrido. Tais fenômenos são conhecidos como estocásticos e podem ser modelados através dos processos estocásticos. Ao contrário das equações determinísticas, em que a evolução de uma condição inicial é conhecida, nos processos estocásticos, a evolução do sistema pode seguir diversos caminhos (CREEMERS; DEMEULEMEESTER; VAN DE VONDER, 2014). Moussa, Ruwanpura e Jergeas (2007) descrevem que a análise de risco em projetos envolve quantificar a variabilidade dos objetivos de custo e tempo devido a

mudanças nas variáveis de risco, e por sua vez, a variabilidade representa o impacto dos riscos nos objetivos.

A análise de sensibilidade ajuda a determinar que fatores de risco têm mais impacto potencial no projeto, considerando as mudanças previstas (JING *et al.*, 2012; TRAN; MOLENAAR, 2015). Esta ferramenta é definida como uma comparação da importância relativa, na qual a variável sensível é modelada como valor incerto enquanto todas as outras são mantidas em seus valores estáveis. Ela ajuda ainda na compreensão de como as variações dos objetivos do projeto se correlacionam com as variações em diferentes graus de incerteza. De modo oposto, ela examina até que ponto a incerteza de cada elemento do projeto afeta o objetivo, examinado quando todos os outros elementos incertos são mantidos em seus valores de linha de base. A análise de sensibilidade pode ser executada a partir de um modelo matemático estruturado com uma série de equações e variáveis de entrada, geralmente a representação gráfica do resultado é feita através do Diagrama de Tornado (LIU *et al.*, 2017; JING *et al.*, 2012).

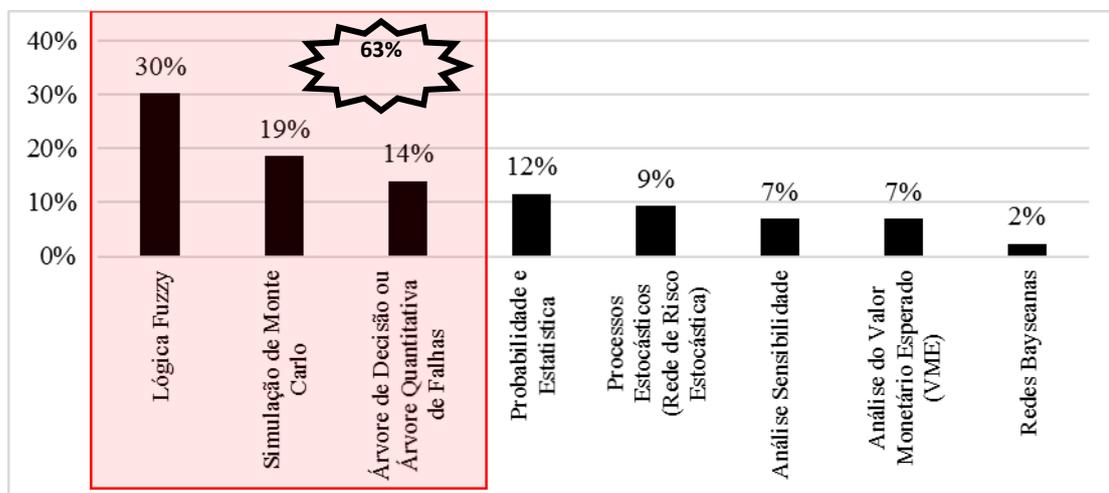
Jing *et al.* (2012) define análise do valor monetário esperado (VME) como um conceito estatístico que calcula o resultado médio quando o futuro inclui cenários que podem ocorrer ou não, ou seja, análise em situações de incerteza. No VME as oportunidades são geralmente expressas como valores positivos, enquanto as ameaças são expressas como valores negativos. O VME do projeto é calculado multiplicando o valor de cada resultado possível pela sua probabilidade de ocorrência e somando esses produtos. Esta é uma técnica de análise quantitativa dos riscos, porque é baseada em números específicos e quantificáveis para a realização dos cálculos em vez de aproximações.

As Redes Bayesianas têm sido utilizadas em diversos campos do conhecimento que envolvem incerteza e necessidade de auxílio para tomada de decisão. Elas são compostas por nós e setas. Os nós são variáveis aleatórias, que em projetos podem representar as variáveis de risco que afetam os objetivos. Frequentemente, as variáveis aleatórias podem ser imaginadas como estados de um determinado assunto, podendo assumir estados booleanos, como verdadeiro ou falso, valores discretos ou mesmo contínuos. As setas especificam as premissas de interdependência entre as variáveis aleatórias, suas relações de causa e efeito dentro do domínio. Estes efeitos não são completamente determinísticos, assim a “força” de um efeito é modelada como uma probabilidade. Portanto, as premissas de independência entre os nós da

rede determinam qual informação de probabilidades é requerida para especificar a distribuição de probabilidades entre as variáveis aleatórias na rede (GOVAN; DAMNJANOVIC, 2016).

Dentre os métodos mapeados, destaca-se que apenas 3 métodos (37,5%), Lógica Fuzzy, Simulação de Monte Carlo e Árvore de Decisão ou Árvore Quantitativa de Falhas, estão em maior evidência na área da pesquisa, correspondendo a um percentual de 63% das publicações encontradas. Esta informação levantada é ilustrada na Figura 2 a seguir.

Figura 2 - Distribuição dos métodos e ferramentas de análise quantitativa de riscos.



Fonte: Autores (2017).

Vale ressaltar que alguns dos métodos encontrados durante a pesquisa, relacionados na Tabela 2 e Figura 2, já são considerados pela estrutura de gestão de riscos do PMBOK como técnicas de modelagem e análise quantitativa de riscos, são eles: Análise de Sensibilidade, Análise do Valor Monetário Esperado e Simulação de Monte Carlo.

Ainda se baseando nos dados da Figura 2, identifica-se a grande tendência de utilização da Lógica Fuzzy quando comparada com os demais métodos. O diferencial deste método está na possibilidade de transformação de variáveis linguísticas em variáveis quantitativas, o que é considerado um ponto positivo na área de gestão de riscos devido a facilidade de tratamento dos dados que muitas das vezes baseiam-se em julgamentos de profissionais.

Elbarkouky *et al.* (2016) enfatizam que há vários estudos mostrando que a Lógica Fuzzy sozinha ou em combinação com outras técnicas pode efetivamente abordar problemas de análise de risco. A Lógica Fuzzy pode ser combinada a vários métodos para compor uma análise de risco, dentre eles podem ser citados: Método de Análise Hierárquica (*Analytic*

Hierarchy Process - AHP), Análise de Modo e Efeito de Falha (*Failure Mode and Effects Analysis - FMEA*), Árvore de Falhas, Árvore de Eventos e Simulação de Monte Carlo (ABDELGAWAD; FAYEK, 2011, 2012; ELBARKOUKY *et al.*, 2016; KHAZAENI; KHANZADI; AFSHAR, 2012; LEE, 2015; ROGHANIAN; MOJIBIAN, 2015; TAYLAN *et al.*, 2014).

Como exemplo de combinação envolvendo métodos quantitativos, mais especificamente Lógica Fuzzy, para realização da análise de riscos em projetos, o trabalho de Abdelgawad e Fayek (2011) mostra um proposta de utilizar a Lógica Fuzzy para quantificar a probabilidade de ocorrência de eventos básicos, baseados em distribuições de possibilidade que corresponde a uma adequada correlação da opinião dos especialistas com a faixa de probabilidade de ocorrências fornecida pela Lógica Fuzzy, e o seu nível de contribuição para a probabilidade do evento de risco. Deste modo, abordagens desta natureza podem ajudar a estabelecer estratégias mais efetivas de respostas aos riscos tendo como base a identificação de eventos básicos mais significativos, assim os esforços podem ser direcionados de maneira mais adequada para minimização das causas raiz.

Faz-se necessário mencionar que vários autores, embora utilizem os métodos conhecidos, estruturam uma abordagem própria de combinação entre métodos. Neste sentido, citam-se os trabalhos dos autores Tran e Molenaar (2015) que utilizam a Análise de Sensibilidade e Simulação de Monte Carlo para propor “*risk-based modeling methodology*”, já Abdelgawad e Fayek (2011) integram os conceitos de Árvore de Falhas com a Lógica Fuzzy para análise dos riscos por meio do software desenvolvido *Fuzzy Reliability Analyzer* (FRA), os mesmos autores em 2012 desenvolveram outro trabalho de análise de riscos em que é proposta uma estrutura abrangente para tratamento das informações, sendo esta resultante da combinação entre Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA), Árvore de Falhas, Árvore de Eventos e Lógica Fuzzy.

Durante as pesquisas também se notaram estudos que tratam da combinação entre métodos qualitativos e quantitativos, no entanto como o objetivo deste trabalho visa o levantamento dos métodos de quantificação, optou-se por não explorar os métodos qualitativos que foram citados, os quais poderão ser futuramente estudados em pesquisas com um delineamento da exploração de métodos mistos.

Em suma, os resultados mostram que existem várias opções de métodos que podem ser utilizados para quantificar os fatores de riscos, porém existem algumas barreiras para a adoção na prática cotidiana das empresas.

Adicionalmente, um ponto relevante durante a pesquisa realizada foi a grande quantidade de trabalhos sobre o tema pesquisado que focavam na área da engenharia civil: Abdelgawad e Fayek (2011), Burcar Dunovic, Radujkovic e Vukomanovic (2016), del Caño *et al.* (2016), Elbarkouky *et al.* (2016), dentre outros. A alta complexidade técnica e os elevados custos com seguro e reservas de contingência podem justificar essa visível preocupação do setor de engenharia civil com a análise de riscos na gestão de projetos (FAN; LIN; SHEU, 2008; TAYLAN *et al.*, 2014).

5. CONCLUSÕES

Neste estudo foi realizada a análise de 33 artigos sobre métodos quantitativos para avaliação de riscos em projetos, com o objetivo de verificar quais os métodos quantitativos de análise de risco são empregados no contexto de gerenciamento de projetos atualmente. Nesta análise foram contabilizados 8 métodos quantitativos, apresentados individualmente ou agrupados nos trabalhos consultados.

Foi possível identificar durante a análise sobre gestão de riscos que os métodos quantitativos possuem uma abordagem sistemática, que facilita a sua reprodutibilidade e padronização do processo de análise dos riscos. No entanto, a adoção destes métodos deve ser feita com cautela e mediante o nivelamento de conhecimento de todos os envolvidos. Os resultados dessa pesquisa podem ser utilizados tanto por pesquisadores, como ponto de partida para pesquisas futuras, como por profissionais de mercado, para analisar a ferramenta que mais se adequa às suas necessidades de gerenciamento de riscos em gestão de projetos.

É importante relatar neste estudo, que uma das principais barreiras encontradas na pesquisa foi a dificuldade de compreensão da linguagem matemática utilizada pelos métodos, comprovando assim que a aplicação destas ferramentas em projetos fica dependente do nível de recursos humanos capacitados para seu desdobramento.

Para estudos futuros, sugere-se análise aprofundada sobre o grau de complexidade destes métodos e suas aplicabilidades em pequenos projetos, além de uma investigação mais

detalhada da aplicação da Lógica *Fuzzy*, pois foi evidenciado que este é um tema de pesquisa promissor.

Referências

- ABDELGAWAD, M.; FAYEK, A. R. Fuzzy Reliability Analyzer: Quantitative Assessment of Risk Events in the Construction Industry Using Fuzzy Fault-Tree Analysis. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 137, n. 4, p. 294–302, 2011.
- ABDELGAWAD, M.; FAYEK, A. R. Comprehensive Hybrid Framework for Risk Analysis in the Construction Industry Using Combined Failure Mode and Effect Analysis, Fault Trees, Event Trees, and Fuzzy Logic. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 138, n. 5, p. 642–651, 2012.
- ADEDOKUN, O. A.; OGUNSEMI, D. R.; AJE, I. O.; AWODELE, O. A.; DAIRO, D. O. Evaluation of qualitative risk analysis techniques in selected large construction companies in Nigeria. **Journal of Facilities Management**, v. 11, n. 2, p. 123–135, 2013.
- BURCAR DUNOVIC, I.; RADUJKOVIC, M.; VUKOMANOVIC, M. Internal and external risk based assesment and evaluation for the large infrastructure projects. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 22, n. 5, p. 673–682, 2016.
- CAGLIANO, A. C.; GRIMALDI, S.; RAFELE, C. Choosing project risk management techniques. A theoretical framework. **Journal of Risk Research**, v. 18, n. 2, p. 232–248, 2015.
- CARVALHO, D. T. DE; SALGADO, E. G. Risk prioritisation in the process of product development in biotechnology companies. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistema**, v. 11, n. 4, p. 141–170, 2016.
- CREEMERS, S.; DEMEULEMEESTER, E.; VAN DE VONDER, S. A new approach for quantitative risk analysis. **Annals of Operations Research**, v. 213, n. 1, p. 27–65, 2014.
- DEL CAÑO, A.; PILAR DE LA CRUZ, M.; GÓMEZ, D.; PÉREZ, M. Fuzzy method for analysing uncertainty in the sustainable design of concrete structures. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 22, n. 7, p. 924–935, 2016.
- DOMINGUES, M. S. Q.; BAPTISTA, A. L. F.; DIOGO, M. T. Engineering complex systems applied to risk management in the mining industry. **International Journal of Mining Science and Technology**, v. 27, n. 4, p. 611–616, 2017.
- EIRAS, F. C. DA S.; TOMOMITSU, H. T. A.; LINHARES, I. M. P.; CARVALHO, M. M. Evolution of project management research: a bibliometric study of International Journal of Project Management. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistema**, v. 12, n. 1, p. 211–234, 2017.
- ELBARKOUKY, M. M. G.; FAYEK, A. R.; SIRAJ, N. B.; SADEGHI, N. Fuzzy Arithmetic Risk Analysis Approach to Determine Construction Project Contingency. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 142, n. 12, p. 04016070, 2016.
- FAN, M.; LIN, N.-P.; SHEU, C. Choosing a project risk-handling strategy: An analytical model. **International Journal of Production Economics**, v. 112, n. 2, p. 700–713, 2008.
- FANG, C.; MARLE, F.; XIE, M.; ZIO, E. An Integrated Framework for Risk Response Planning Under Resource Constraints in Large Engineering Projects. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 60, n. 3, p. 627–639, 2013.
- FIRMENICH, J. Customisable framework for project risk management. **Construction**

Innovation, v. 17, n. 1, p. 68–89, 2017.

FOCACCI, A. Managing project investments irreversibility by accounting relations. **International Journal of Project Management**, v. 35, n. 6, p. 955–963, 2017.

GHAFFARI, M.; SHEIKHAHMADI, F.; SAFAKISH, G. Modeling and risk analysis of virtual project team through project life cycle with fuzzy approach. **Computers & Industrial Engineering**, v. 72, p. 98–105, 2014.

GOVAN, P.; DAMNJANOVIC, I. The Resource-Based View on Project Risk Management. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 142, n. 9, p. 04016034, 2016.

GUIMARÃES, P. R. B. **Métodos quantitativos estatísticos**. Curitiba: IESDE Brasil, 2008.

HU, L.; WU, H. Exploratory study on risk management of state-owned construction enterprises in China. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 23, n. 5, p. 674–691, 2016.

JAVANI, B.; RWELAMILA, P. M. D. Risk management in IT projects – a case of the South African public sector. **International Journal of Managing Projects in Business**, v. 9, n. 2, p. 389–413, 2016.

JING, T.; ZAICHAO, H.; GANG, Z.; HUI, H. Application of Monte-Carlo method in quantitative risk analysis for research project. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION MANAGEMENT, INNOVATION MANAGEMENT AND INDUSTRIAL ENGINEERING. **Anais...2012**.

KARMPERIS, A. C.; SOTIRCHOS, A.; TATSIPOULOS, I. P.; ARAVOSSIS, K. Environmental project evaluation: IRR-based decision support with a Monte Carlo simulation algorithm. **Civil Engineering and Environmental Systems**, v. 29, n. 4, p. 291–299, 2012.

KHAZAENI, G.; KHANZADI, M.; AFSHAR, A. Fuzzy adaptive decision making model for selection balanced risk allocation. **International Journal of Project Management**, v. 30, n. 4, p. 511–522, 2012.

KIM, B.-C. Dynamic Control Thresholds for Consistent Earned Value Analysis and Reliable Early Warning. **Journal of Management in Engineering**, v. 31, n. 5, p. 04014077, 2015.

KRYSINSKI, M.; ANDERS, G. Fault tree analysis in a project context. **IEEE International Engineering Management Conference**, v. 2, p. 710–714, 2005.

KUŠAR, J.; RIHAR, L.; ŽARGI, U.; STARBEK, M. Extended risk-analysis model for activities of the project. **SpringerPlus**, v. 2, n. 1, p. 1–12, 2013.

LEE, S. Determination of Priority Weights under Multiattribute Decision-Making Situations: AHP versus Fuzzy AHP. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 141, n. 2, p. 05014015, 2015.

LIMA, E. C. P. DE; VIANA, J. C.; LEVINO, N. DE A.; MOTA, C. M. DE M. Simulação de Monte Carlo auxiliando a análise de viabilidade econômica de projetos. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO. 4. 2008. **Anais...Niterói: 2008**

LIN, J.; JIANG, P. Risk Analysis and Its Application of the Projects Based on Computer Simulated Technology. **Communications in Computer and Information Science**. v. 226, p. 88–94, 2016.

LIU, G.; YOKOYAMA, S. Proposal for a Quantitative Skill Risk Evaluation Method Using Fault Tree Analysis. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 62, n. 2, p. 266–279, 2015.

LIU, J.; JIN, F.; XIE, Q.; SKITMORE, M. Improving risk assessment in financial feasibility of international engineering projects: A risk driver perspective. **International Journal of Project Management**, v. 35, n. 2, p. 204–211, 2017.

MENDIBURU, H. A. Gestión dinámica de proyectos mediante lógica Fuzzy. In: FORO INTERNACIONAL DE VOCES EXPERTAS PARA INTEGRAR TECNOLOGÍA Y NEGOCIOS EN UN MUNDO GLOBAL. **Anais... EXPO COMM**, México, 2008.

MOORE, J.; WEATHERFORD, L. R. Tomada de decisão em administração com planilhas eletrônicas. Porto Alegre: Bookman, 2006. In: Lima, E. C. P. Viana, J. C. Levino, N. A. Mota, C. M. M. Simulação de Monte Carlo auxiliando a análise de viabilidade econômica de projetos. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO. 4. 2008. **Anais... Niterói**: 2008.

MOUSSA, M.; RUWANPURA, J.; JERGEAS, G. CTAN for Risk Assessments Using Multilevel Stochastic Networks. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 133, n. 1, p. 96–101, 2007.

MURIANA, C.; VIZZINI, G. Project risk management: A deterministic quantitative technique for assessment and mitigation. **International Journal of Project Management**, v. 35, n. 3, p. 320–340, 2017.

NADERPAJOUH, N.; MAHDAVI, A.; HASTAK, M.; ALDRICH, D. P. Modeling Social Opposition to Infrastructure Development. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 140, n. 8, p. 04014029, 2014.

NIETO-MOROTE, A.; RUZ-VILA, F. A fuzzy approach to construction project risk assessment. **International Journal of Project Management**, v. 29, n. 2, p. 220–231, 2011.

OLECHOWSKI, A.; OEHMEN, J.; SEERING, W.; BEN-DAYA, M. The professionalization of risk management: What role can the ISO 31000 risk management principles play? **International Journal of Project Management**, v. 34, n. 8, p. 1568–1578, 2016.

PARKER, D.; CHARLTON, J.; RIBEIRO, A.; PATHAK, R. D. Integration of project-based management and change management: Intervention methodology. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 62, n. 5, p. 534–544, 2013.

PMBOK. **A Guide to Project Management Body of Knowledge**. 5. ed. Newtown Square: Project Management Institute, 2013.

PURNUS, A.; BODEA, C.-N. Correlation between Time and Cost in a Quantitative Risk Analysis of Construction Projects. **Procedia Engineering**, v. 85, p. 436–445, 2014.

QUIJANO, S. N. C.; CANEN, A. G.; COSENZA, C. A. N. Sistema de inferência fuzzy para tomada de decisão em gestão de estoques da cadeia de suprimentos de uma indústria moveleira. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 33. 2013. **Anais...ENEGEP**, 2013.

RASOOL, M.; FRANCK, T.; DENYS, B.; NIANDOU HALIDOU. Methodology and tools for risk evaluation in construction projects using Risk Breakdown Structure. **European Journal of Environmental and Civil Engineering**, v. 16, n. sup1, p. s78–s98, 2012.

GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v. 14, nº 2, p. 129 - 148, 2019.

- RODRÍGUEZ, S. S. Advance Data Mining for Monte Carlo Simulation in Project Management. **Procedia Technology**, v. 9, p. 705–711, 2013.
- ROGHANIAN, E.; MOJIBIAN, F. Optimization of the Inflationary Inventory Control The Using fuzzy FMEA and fuzzy logic in project risk management. **Iranian Journal of Management Studies**, v. 8, n. 3, p. 2008–7055, 2015.
- SACHS, T.; TIONG, R. L. Quantifying Qualitative Information on Risks: Development of the QQIR Method. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 135, n. 1, p. 56–71, 2009.
- TAH, J. H. M.; CARR, V. Knowledge-Based Approach to Construction Project Risk Management. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 15, n. 3, p. 170–177, 2001.
- TAYLAN, O.; BAFAIL, A. O.; ABDULAAL, R. M. S.; KABLI, M. R. Construction projects selection and risk assessment by fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodologies. **Applied Soft Computing**, v. 17, p. 105–116, 2014.
- THEKDI, S.; AVEN, T. An enhanced data-analytic framework for Integrating risk management and performance management. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 156, p. 277–287, 2016.
- TORABI, S. A.; GIAHI, R.; SAHEBJAMNIA, N. An enhanced risk assessment framework for business continuity management systems. **Safety Science**, v. 89, p. 201–218, 2016.
- TRAN, D. Q.; MOLENAAR, K. R. Risk-Based Project Delivery Selection Model for Highway Design and Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 141, n. 12, p. 04015041, 2015.
- VALE, J. W. S. P.; CARVALHO, M. M. Risk and uncertainty in projects management: literature review and conceptual framework. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistema**, v. 12, n. 2, p. 93–120, 2016.
- VALIPOUR, A.; YAHAYA, N.; MD NOOR, N.; MARDANI, A.; ANTUCHEVIČIENĖ, J. A new hybrid fuzzy cybernetic analytic network process model to identify shared risks in PPP projects. **International Journal of Strategic Property Management**, v. 20, n. 4, p. 409–426, 2016.
- WANG, N.; CHANG, Y.-C.; EL-SHEIKH, A. A. Monte Carlo simulation approach to life cycle cost management. **Structure and Infrastructure Engineering**, v. 8, n. 8, p. 739–746, 2012.
- ZHAO, X.; HWANG, B.; LOW, S. P. Developing Fuzzy Enterprise Risk Management Maturity Model for Construction Firms. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 139, n. 9, p. 1179–1189, 2013.