



ConBRepro

XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



IA nas Engenharias

29 nov. a 01
de dezembro 2023

Utilização de Metodologias de Análise de Viabilidade Econômica de Projetos de Investimento na Qualidade de Software

Diane Lenhart

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas – PPGEPS,
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Pato Branco

Marcelo Gonçalves Trentin

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas – PPGEPS,
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Pato Branco

José Donizetti de Lima

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas – PPGEPS,
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Pato Branco

Flavio Trojan

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas – PPGEPS,
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Pato Branco

Resumo: A relação das Metodologias de Análise de Viabilidade Econômica (MAVEPI) com a Qualidade de Software (QS) não vêm recebendo atenção nas últimas décadas no âmbito da pesquisa científica. Artigos relacionados foram publicados, entretanto há uma escassez quanto a intersecção dos dois temas. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi identificar as contribuições da MAVEPI na QS por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura – RSL, afim de identificar a relação das subáreas da QS com a Engenharia Econômica (EE), principalmente no que diz respeito a Análise de Viabilidade Econômica (AVE) em Projetos de Investimentos (PI), ao qual se faz o uso das MAVEPI. Para a estruturação da pesquisa, foi utilizado o método *ProKnow-C (Knowledge Development Process – Constructivist)*. Por meio da pesquisa em 5 bases de busca, foram selecionados 9 trabalhos para análise. Com o portfólio, identificou-se que as MAVEPI mais utilizadas na QS são a Metodologia Clássica (MC) com um total de 66,66% e a Simulação de Monte Carlo (SMC), representando 33,33% do total. Foi apresentada uma análise de conteúdo em relação as principais contribuições dos autores dos artigos do portfólio a respeito do tema. O ano de publicação do último artigo encontrado foi 2017 onde comprovou-se que de fato, o campo de pesquisa estudado ainda é embrionário na comunidade científica.

Palavras-chave: Qualidade de Software (QS), Metodologias de Análise de Viabilidade Econômica em Projetos de Investimento (MAVEPI), Revisão Sistemática da Literatura via ProKnow-C.

Use of Methodologies for Analysis of Economic Feasibility of Investment Projects in Software Quality

Abstract: The relationship between Economic Viability Analysis Methodologies (MAVEPI) and Software Quality (QS) has not received attention in recent decades within the scope of scientific research. Related articles have been published, however there is a scarcity regarding the

intersection of the two themes. Therefore, the objective of this work was to identify the contributions of MAVEPI to QS through an RSL – Systematic Literature Review, in order to identify the relationship between the subareas of QS and Economic Engineering (EE), mainly with regard to Analysis of Economic Viability (AVE) in Investment Projects (IP), which uses MAVEPI. To structure the research, the ProKnow-C method (Knowledge Development Process – Constructivist) was used. Through research in 5 search bases, 9 works were selected for analysis. With the portfolio, it was identified that the MAVEPI most used in QS are the Classical Methodology (MC) with a total of 66.66% and the Monte Carlo Simulation (SMC), representing 33.33% of the total. A content analysis was presented regarding the main contributions of the authors of the portfolio articles on the topic. The year of publication of the last article found was 2017, where it was proven that in fact, the field of research studied is still embryonic in the scientific community.

Keywords: Software Quality (QS), Methodologies for Analysis of Economic Feasibility in Investment Projects (MAVEPI), Systematic Literature Review via ProKnow-C.

1. Introdução

De acordo com a ABES (Associação Brasileira das Empresas de Software), dados da IDC (*International Data Corporation*) mostram que o total de investimentos em tecnologia da informação (software, hardware e serviços) em 2022 corresponde a US\$ 2,79 trilhões em todo o mundo e US\$ 124 bilhões na América Latina. O Brasil ocupa a primeira posição em relação ao ranking latino, com US\$ 45,7 aplicados. Em relação ao ranking global, o país está na décima segunda posição, atrás dos EUA, China, Japão, Reino Unido, Alemanha, França, Índia, Canadá, Austrália, Itália e Coréia do Sul, em ordem decrescente de valor de investimento. A IDC destaca que nas tendências para 2023 e 2024 destacam-se temas como 5G, Cibersegurança e Internet das Coisas (ABES, 2023)

No campo da tecnologia da informação, os produtos de software são sistemas genéricos utilizados por consumidores, empresas e pelos governos (SOMMERVILLE, 2019). Segundo Rocha *et al.* (2001), sistemas de softwares consistem em um conjunto de informações em diferentes níveis de abstração e em um conjunto de decisões associadas a transformações. Para Bartié (2002), a fabricação de produtos de má qualidade prejudica a imagem da organização, além de aumentar significativamente os custos totais (BARTIÉ, 2002).

Na Engenharia de Produção, das 10 as áreas de conhecimento contempladas, a Engenharia da Qualidade é a quarta delas, definida como “*planejamento e controle de sistemas de gestão da qualidade que consideram o gerenciamento por processos, a abordagem factual para tomada de decisão e a utilização de ferramentas da qualidade*” (ABEPRO, 2023).

No contexto da qualidade nos produtos de software, Pressman e Maxim (2021) definem a Qualidade de Software (QS) como sendo a conformidade a requisitos funcionais e de desempenho que foram explicitamente declarados, a padrões de desenvolvimento claramente documentados e a características implícitas que são esperadas de todo software desenvolvido por profissionais. A QS abrange muitas características, como adequação funcional, eficiência de desempenho, compatibilidade, usabilidade, confiabilidade, segurança, capacidade de manutenção e portabilidade. Em condições ideais, todas essas características deveriam ser avaliadas para se obter uma conclusão abrangente sobre a qualidade de um produto de software. No entanto, há tempo e orçamento limitados para a avaliação da qualidade de software (HUANG *et al.*, 2018). Nesse sentido, segundo Engel e Last (2006), o custo geral do ciclo de vida associado às falhas do produto excede 10% do faturamento anual das corporações, onde um dos fatores que contribuem com essa perda é o desempenho ineficaz do software e dos sistemas de verificação, validação e teste (VVT).

Existem diversos fatores que necessitam ser controlados para que se tenha uma boa saúde financeira nas empresas (RASOTO *et al.*, 2012; LIMA *et al.*, 2018), onde, para a tomada de

decisões, é necessário que os executivos de TI tenham acesso a vários indicadores econômicos que resumem o valor comercial das propostas de projetos, onde cada um dos seus componentes precisa ser previsto (EVELEENS *et al.*, 2012). Desse modo, a Engenharia Econômica (EE) é a sétima das áreas da Engenharia de Produção, onde Gestão Econômica, Gestão de Custos, Gestão de Investimentos e Gestão de Riscos são suas subáreas (ABEPRO, 2023). Dentro do campo da EE, a análise de viabilidade econômica (AVE) em ativos reais é de extrema importância para um sucesso de Projetos de investimento (PI), auxiliando na verificação de retorno esperado além dos riscos relacionados à decisão de investimento (CASAROTTO, *et al.* 2020). O investidor deve escolher adequadamente a abordagem de avaliação de um investimento (DAMODARAN, 2018), onde a AVE de um projeto ou empreendimento concede aos administradores e gestores a possibilidade de analisar a remuneração esperada além dos riscos financeiros antes da realização de um investimento (LIMA *et al.*, 2013; LIMA *et al.* 2016).

Para a avaliação dos PI, existem diversas metodologias criadas, denominadas Metodologias de Análise de Viabilidade Econômica de Projetos de Investimento (MAVEPI). Segundo NOGAS *et al.*, (2011), as três MAVEPI mais comumente utilizadas para análise de avaliação são a Metodologia Clássica (MC), Metodologia das Opções Reais (TOR) e Metodologia Multi-índice (MMI). Um ponto comum entre essas metodologias é a utilização de indicadores para a expectativa de retorno, como o Valor Presente Líquido (VPL), por exemplo, porém com diferentes interpretações dependendo da Taxa Mínima de Atratividade (TMA) (SOUZA; CLEMENTE, 2022).

Lima *et al.* (2015) ampliaram a MMIA (Metodologia Multi-Índice Ampliada) de Souza e Clemente. O diferencial desta metodologia é a percepção dos riscos sobre a TMA, custos e receitas que podem ser obtidos através de diversos índices. A MMIA considera os indicadores de retorno e de riscos da Metodologia Multi-Índice (MMI) incluindo ainda uma Análise de Sensibilidade (AS) por meio de Limites de Elasticidade (LEs) e Valores-Limite (VLs) (LIMA, 2018).

A SMC é utilizada na abordagem estocástica, respeitando as características de cada parâmetro, podendo ser um valor determinístico ou uma variável aleatória, seguindo determinada distribuição de probabilidades, onde no último caso é preciso identificar uma distribuição de probabilidades adequada e estimar os respectivos parâmetros para cada variável estocástica (LIMA *et al.*, 2017a). Outra metodologia comumente utilizada é a das Opções Reais (TOR). Segundo Souza e Clemente (2022), essa metodologia é diferente em relação à Metodologia Clássica pois é adicionado ao fluxo de caixa os efeitos monetários das opções de expandir o projeto quando o VPL resta ínfimo ou negativo (SOUZA; CLEMENTE, 2022).

Os indicadores de viabilidade econômica variam de acordo com as metodologias. Exemplos comumente utilizados são o Valor Presente Líquido (VPL), Valor Presente Anualizado (VPLA), Índice Benefício/Custo (IBC), Retorno Adicional de Investimento (ROIA), Retorno sobre o Investimento (ROI), Índice ROIA/TMA, Taxa Interna de Retorno (TIR), *Payback*, TMA/TIR e *Payback/N*. Usualmente, são considerados vários cenários relacionados à retorno e risco nos projetos de uma decisão de investimentos em ativos reais, onde colocam-se projeções sobre o futuro (SOUZA; CLEMENTE, 2022).

Segundo Karg, Grottke e Arne (2011), os custos de qualidade de software não têm recebido tanta atenção da comunidade científica como outros aspectos econômicos do desenvolvimento de software. Por esse motivo, realizaram uma revisão sobre o assunto e concluíram que os custos de prevenção foram os que receberam menos atenção, apesar do seu grande impacto em termos de custos. Não foram encontrados artigos científicos que realizassem uma revisão completa sobre o uso das MAVEPI na QS, portanto considerou-se que há uma lacuna de pesquisa referente ao tema em questão. Considerando tal fato e

os aspectos citados a respeito do assunto, foram elaboradas as seguintes questões de pesquisa:

- QP1: Como vêm sendo o uso das MAVEPI na AQS ao longo do tempo e quais os países mais interessados no assunto?
- QP2: Quais MAVEPI estão sendo mais utilizados na QS?
- QP3: Para quais objetivos os métodos MAVEPI estão sendo utilizados na QS?
- QP4: Quais resultados e conclusões relevantes vêm sendo encontrados no uso da intersecção dos métodos MAVEPI na QS?

Buscando responder a essas questões, determinou-se como sendo o objetivo deste trabalho identificar na literatura como a MAVEPI vem sendo utilizada no campo da QS, bem como as metodologias mais utilizadas e os resultados pertinentes sobre essa intersecção. Para isso, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura – RSL, a fim de selecionar um portfólio útil para buscar responder as questões de pesquisa. Para isso, contou-se com a metodologia *ProKnow-C (Knowledge Development Process – Constructivist)*.

A justificativa deste trabalho reside na necessidade de se debater sobre a importância do uso de eficientes metodologias no setor de software, delimitando essa busca no campo da QS para compreender como vem ocorrendo essa intersecção dentro da pesquisa, permitindo através da RSL que se tenha um parâmetro geral e que se estabeleçam novas ideias de correlação entre as áreas, além de um apoio para pesquisas futuras, visto a defasagem do tema no campo científico.

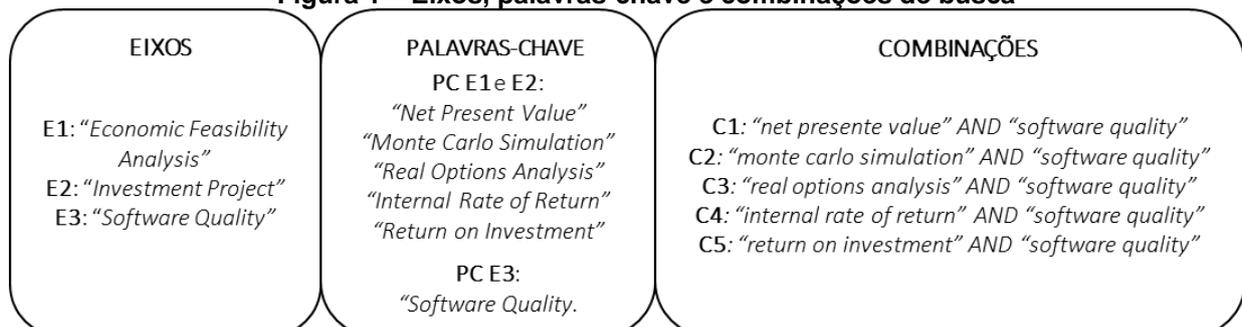
Este trabalho está dividido em 4 seções. A primeira apresenta uma contextualização do tema, a segunda a metodologia utilizada, a terceira os resultados, contendo 2 fases e a quarta, as conclusões finais.

2. Metodologia

Para buscar atender aos objetivos propostos, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura – RSL. No intuito de obter suporte ao desenvolvimento da pesquisa, utilizou-se o método *ProKnow-C (Knowledge Development Process-Constructivist)*, ao qual as etapas incluem a seleção do portfólio bibliográfico, análise bibliométrica e análise sistêmica (ENSSLIN *et al.*, 2010).

Seguindo as etapas do *ProKnow-C*, foram definidos três eixos de pesquisa, sendo, em português, Análise de Viabilidade Econômica, Projeto de Investimento e Qualidade de Software. Da intersecção dos dois primeiros eixos, foram definidas as palavras-chave Valor Presente Líquido, Simulação de Monte Carlo, Análise de Opções Reais, Taxa Interna de Retorno e Retorno do Investimento. Para a palavra-chave do eixo 3 manteve-se a mesma expressão do eixo, pois considerou-se ser a melhor expressão para as buscas. Para as combinações, foi usado o operador *booleano* “AND”. Os eixos, palavras-chave e combinações estão sistematizados na Figura 1.

Figura 1 – Eixos, palavras-chave e combinações de busca



Fonte: Elaboração própria (2023)

As bases escolhidas para a pesquisa foram Compendex (Engineering Village), Emerald Insight, IEEEExplore, ScienceDirect (Elsevier) e SCOPUS (Elsevier), disponíveis no portal de periódicos da CAPES. As limitações de pesquisas incluíram artigos de periódicos e conferências entre janeiro de 2000 a julho de 2023. No total, foram encontrados 500 artigos através das combinações criadas, sendo selecionados 74 através da leitura dos títulos. Essa seleção, bem como as próximas, se deu através de forma subjetiva pelos autores deste artigo. O próximo passo foi a leitura dos resumos, sendo selecionados 9 artigos para o portfólio. Esses resultados estão apresentados na Tabela 1, aos quais foram relacionados com as buscas referente a cada base e combinações.

Tabela 1 – Resultados encontrados em cada base através de cada combinação criada

		Artigos encontrados por tipo de combinação					Artigos selecionados após leitura dos títulos	Artigos selecionados após leitura dos resumos	
		C1	C2	C3	C4	C5			TOTAL
B	Scopus	1	17	0	0	34	52	9	4
A	ScienceDirect	15	109	4	6	158	292	17	4
S	IEEEExplore	1	6	2	0	94	103	14	2
E	Compendex	1	12	0	0	33	46	7	0
S	Emerald	5	2	0	0	0	7	1	0
TOTAL (un)		23	146	6	6	319	500	74	9
Percentual (%)		4,6	29,2	1,2	1,2	63,8	100	14,8	1,8

Fonte: Elaboração própria (2023)

Segundo Souza e Clemente (2022), um planejamento bem estruturado possui a capacidade de minimizar os riscos, ampliando as possibilidades de sucesso relacionadas às tomadas de decisões. Buscando atender a isso e, seguindo instruções do *ProKnow-C*, foi elaborado o Quadro 1, apresentando o planejamento de execução dos resultados, contendo 6 objetivos, bem como a justificativa de cada um e as questões de pesquisa que cada objetivo atenderá.

Quadro 1 – Planejamento de execução dos resultados

QP	Objetivo	Nº	Justificativa
FASE 1			
QP1	Identificar o ano de cada publicação, mencionando possíveis tendências e justificando o resultado.	1	Compreender a linha do tempo de busca científica relacionada ao assunto.
	Identificar se há algum veículo de publicação que se destaca no portfólio de artigos, mencionando possíveis tendências e justificando o resultado encontrado.	2	Facilitar a busca de trabalhos aos interessados no assunto
	Identificar o país de cada autor, mencionando possíveis tendências e justificando o resultado encontrado.	3	Compreender a tendência de interesse do assunto pelo mundo.
QP2	Identificar os tipos de MAVEPI utilizadas pelos autores do portfólio, mencionando o percentual de utilização.	4	Compreender a propagação de utilização dos métodos MAPEVI na QS.
FASE 2			
QP3	Identificar o objetivo dos autores dos artigos do portfólio.	5	Compreender a melhor forma de utilização das MAVEPI na QS.
QP4	Fazer uma síntese, discorrendo sobre as partes principais do conteúdo do portfólio.	6	Aprofundamento do assunto.

Fonte: Elaboração própria (2023)

Na “FASE 1” do quadro, o objetivo Nº 1 foi elaborado para identificar o ano de cada publicação, no intuito de compreender a linha do tempo de busca científica relacionada ao assunto. O Nº 2 diz respeito a identificar o tipo de veículo de publicação utilizado em cada

artigo, no intuito de facilitar a busca de trabalhos aos interessados no assunto. O N° 3 foi elaborado para identificar o país de cada autor, afim de compreender o interesse do assunto pelo mundo. Já o N° 4 diz respeito a identificar o percentual do uso das MAVEPI utilizadas pelos autores, afim de entender a propagação da utilização desses métodos na QS.

Na “FASE 2”, o objetivo N° 5 diz respeito a eficácia relatada pelos autores para compreensão da melhor forma de utilização das MAVEPI referente a cada objetivo dentro da QS. Já no objetivo N° 6, foi apresentada uma síntese sobre as partes principais do conteúdo dos artigos presentes no portfólio, no intuito de aprofundar o assunto.

3. Resultados e discussões

3.1 FASE 1

Como mencionado na metodologia, foram 9 o total de artigos selecionados após a leitura completa dos textos. Para facilitar a visualização e para o cumprimento dos objetivos N° 1, 3 e 4, foi elaborado o Quadro 2. Nesse quadro consta um panorama preliminar do portfólio, contendo os números dos itens para referência, os autores, o ano de publicação, o título do artigo e a MAVEPI de Engenharia Econômica utilizada.

Quadro 2 – Informações genéricas do portfólio selecionado

Item	Autor(es)	Ano	Título	MAVEPI
1	Verhoef	2005	<i>Quantifying the value of IT-investments</i>	MC
2	Eveleens, Pas e Verhoef	2012	<i>Quantifying forecast quality of IT business value</i>	
3	Felderer e Armin	2012	<i>Estimating the return on investment of taxonomy supported system testing in industrial projects</i>	
4	Heradio <i>et al.</i>	2012	<i>Improving the accuracy of COPLIMO to estimate the payoff of a software product line</i>	
5	Nikolik	2012	<i>Software Quality assurance economics</i>	
6	Hryszko <i>et al.</i>	2018	<i>Cost effectiveness of software defect prediction in an industrial project</i>	SMC
7	Engel e Last	2007	<i>Modeling software testing costs and risks using fuzzy logic paradigm</i>	
8	Ganesan, Kolb e Hauray	2007	<i>Comparing Costs and Benefits of Different Test Strategies for a Software Product Line: A Study From Testo AG1</i>	
9	Oni	2017	<i>Towards a Baesyan Decision Model for Release Planning in Incremental Development</i>	

Fonte: Elaboração própria (2023)

Referente ao objetivo N° 1, o ano com maior quantidade de publicação foi 2012. Percebe-se um *gap* entre o ano de 2005 até 2007, 2007 até 2012 e 2012 até 2017. Todavia, a percepção dessas brechas não chama mais atenção do que a própria escassez do total de 9 artigos encontrados. Isso dá a entender que a o uso das MAVEPI não vêm sendo difundida de forma considerável no campo da QS.

Em relação ao tipo de veículo de publicação, que responde o objetivo N° 2, os trabalhos publicados em periódicos representaram 66,66% do total e, os publicados em conferências, 33,33% do total. Em relação aos periódicos, os itens 1 e 2 foram publicados na revista *Science of Computer*, o item 4 na *Expert Systems with Applications*, o item 5 na *Information and Software Technology*, o item 6 na *Foundations of Computing and Decision Sciences* e o item 7 no *The Journal of the Systems and Software* e.

Das conferências, o item 3 foi apresentado e publicado na *Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications*, o item 8 na *International Software Product Line Conference* e o item 9 na *Requirements Engineering Conference International*. Dessa forma, constatou-se que não houve veículo que se destacasse significativamente.

Referente ao objetivo N° 3, os países dos autores de cada artigo foram Espanha (4), Alemanha (3), Áustria (2), Holanda (2), Israel (2), Países Baixos (2), Polônia (2), Brasil (1), Estados Unidos (1), Reino Unido (1). Esta análise é importante para se refletir como a cultura, a infraestrutura, condições econômicas e educacionais podem refletir nas pesquisas feitas na área. É importante observar que dos 10 países em questão, 40% são os países que estão no ranking dos países com maiores investimentos aplicados no setor de TI em 2022 (ABES).

Quanto às metodologias (objetivo N° 4), foram identificadas apenas 2, sendo elas a Metodologia Clássica (MC) e a Simulação de Monte Carlo (SMC), na qual a MC teve o percentual de utilização considerável de 66,66% de utilização. Segundo Souza e Clemente (2022), a análise econômico-financeira de projetos de investimento segundo a MC tem sido ensinada e aplicada na engenharia e outras áreas desde os anos 30 do século passado. Isso explica o considerável percentual de utilização comparado a outras metodologias, comprovando que essa metodologia se encontra consolidada. A SMC vêm sendo muito abordada em diversos setores devido sua eficácia (HARZER, 2015). No caso das MMI e MMIA, por exemplo, os índices de riscos tendem a superestimar o nível de risco de um projeto de investimento, onde por esse motivo, recomenda-se a aplicação da SMC, principalmente para PI que prospectam pelo menos um índice de sensibilidade classificado como alto (HARZER *et al.*, 2016).

3.2 FASE 2

Como já mencionado, foram verificadas o uso de duas MAVEPI, sendo elas a MC e a SMC. Os dois métodos foram utilizados para diferentes objetivos, como mostra o Quadro 3. O quadro elaborado para explicar os objetivos do objetivo N° 5.

Quadro 3 – Objetivos e resultados relatados de acordo com o uso das MAVEPI

Item	Objetivo
1	Descrever um método para quantificar o valor dos investimentos em sistemas de software.
2	Discutir como quantificar a qualidade da previsão do valor comercial de TI.
3	Desenvolver um procedimento de estimação no contexto de um projeto industrial de uma instituição pública de seguro de saúde onde o retorno do investimento foi positivo após o primeiro ciclo de testes.
4	Apresentar um algoritmo que infere as informações adicionais que nossa reformulação.
5	Analisar os efeitos das alterações de código no custo e valor dos casos de teste.
6	Realizar uma previsão de defeitos e simular possíveis custos de garantia de qualidade com base nos melhores resultados de previsão possíveis.
7	Propor um conjunto de modelos probabilísticos quantitativos para estimar custos e riscos decorrentes da execução de qualquer estratégia de validação.
8	Introduzir um modelo econômico inicial e calcular o custo-benefício das duas estratégias de teste.
9	Propor uma abordagem para o planejamento de lançamento de software.

Fonte: Elaboração própria (2023)

Buscando atender o objetivo N° 6, os próximos parágrafos, até a Seção 4, apresentarão uma síntese de conteúdo do portfólio contendo as partes mais relevantes, julgadas pelos autores deste trabalho, para aprofundamento do assunto. Os trabalhos do portfólio, de modo geral, exigem um certo conhecimento prévio sobre os assuntos de QS e MAVEPI, no qual em alguns casos foram utilizadas técnicas e ferramentas específicas, não relatadas no referencial deste trabalho. No entanto, foi possível fazer uma síntese dentro do referencial a respeito das principais informações encontradas que ajudam a explicar e responder as questões de pesquisas feitas.

Por meio da leitura dos artigos, foi possível compreender aspectos relacionados a redução de custos e ao aumento do lucro líquido, de forma específica para as empresas de software. Nikolik (2012) explica bem tal questão, ao afirmar que uma organização deve considerar o custo e o valor do testware envolvido na garantia da qualidade dos artefatos de software,

como requisitos, especificações, projetos e código. Nesse contexto, para determinar a relação custo-benefício de seus investimentos, as empresas avaliam as organizações de garantia de qualidade com base no ROI. Uma conclusão factível foi identificada no trabalho de referência 5, onde o autor concluiu que uma organização de QA viável deve medir e melhorar o ROI do caso de teste, a inflação e a sensibilidade de custo e valor a alterações de artefatos quanto a passagem do tempo. Tal processo pode ser realizado através de uma previsão de defeitos, simulando possíveis custos de garantia da qualidade com base nos melhores resultados de previsão possíveis, como mencionam os autores do item 6. Segundo Felderer e Armin (2012), o procedimento de estimativa de ROI pode também ajudar os gerentes a decidir se aplicam ou não a abordagem em um processo de teste padrão, como o teste de taxonomia, por exemplo. As taxonomias de defeitos coletam e organizam o conhecimento de domínio e a experiência do projeto de especialistas, fornecendo um backup sistemático para projetos de teste e dando suporte a decisões para alocação de recursos de teste.

Do parágrafo anterior, a utilização do ROI refere-se à metodologia MC. A MC também se mostrou eficaz na quantificação da qualidade de previsão do valor de negócios de TI. Nesse caso, pode-se realizar uma avaliação da qualidade das previsões de VPL, benefícios e custos através de dados reais de ativos de TI, como fizeram os autores do artigo de item 1 e 2. Foi possível, também, determinar a precisão das previsões e verificar possíveis vieses, além de uma análise de sensibilidade para investigar o impacto na qualidade do VPL previsto de um ativo quando a qualidade da previsão de benefícios ou custos melhora.

Como mencionado na Seção 1, autores vêm sugerindo novos métodos, reformulando métodos tradicionais, como a MC. No portfólio selecionado, foram identificadas, além de aplicações das MAVEPI na QS, proposições de novos modelos, onde os autores fazem críticas a modelos já existentes. Nesse contexto, Heradio *et al.*, comentam que, alguns modelos fazem algumas suposições simplificadoras que podem produzir grandes distorções nas estimativas e assim, propuseram um novo modelo, inferindo informações adicionais. É importante ressaltar que, nesse caso, a aplicação do método refere-se ao campo de software especificamente a engenharia de linha de produtos de software, um tema mais abrangente e que vai além da QS.

No campo da QS, a SMC vem se mostrando útil na identificação de planos de lançamento de software, de forma a maximizar o VPL e minimizar riscos, na qual modelos vêm sendo propostos (item 8 e 9). Nesse contexto, a SMC pode ser aplicada na qualidade de previsão para calcular o custo-benefício de estratégias de teste. A qualidade de previsão, nesse caso, vai depender dos dados de entrada para a elaboração, por exemplo, de um modelo econômico na qual a SMC pode ser útil para gerenciar a incerteza dos parâmetros de entrada e estimar a probabilidade de prováveis economias de esforço de teste.

Por meio de alguns trabalhos do portfólio, se observou como uma possível problemática a especificidade relativa a cada problema no qual se pretende resolver. Nesses casos, a relatividade dos problemas que envolvem a necessidade da utilização de alguma MAVEPI na AQS, ocorre também quanto a utilização de métodos alheios, ou seja, outros tipos de métodos (que não os MAVEPI) como auxílio de cumprimento dos objetivos nas pesquisas. Nesse aspecto, foram identificados em conjunto com a utilização das MAVEPI, a utilização dos métodos multicritério, métodos *baysianos* e lógica *fuzzy*.

4. Conclusões

Este trabalho apresentou a realização de uma Revisão Sistemática da Literatura – RSL buscando compreender como se relacionam as Metodologias de Análise de Investimentos de Viabilidade Econômica (MAVEPI) em ativos reais na Qualidade de Software (QS) dentro do campo científico. A busca foi realizada em 5 bases onde os resultados após a seleção

e leitura completa dos artigos mostraram que há uma escassez de trabalhos na intersecção das duas áreas, com um total de 9 trabalhos.

Os países dos autores de cada artigo foram Alemanha (3), Áustria (2), Brasil (1), Espanha (4), Estados Unidos (1), Holanda (2), Israel (2), Países Baixos (2), Polônia (2), Reino Unido (1). Constatou-se que não houve veículo de publicação que se destacasse significativamente. A MAVEPI mais utilizada foi a Metodologia Clássica (MC), sendo 66,66% do total, seguida da Simulação de Monte Carlo (SMC), com 33% do total.

Os objetivos dos trabalhos do portfólio variaram, mostrando que a MC e SMC podem ser flexíveis quanto ao uso dentro da QS, como por exemplo, para a previsão do valor de negócio de TI, taxonomia de defeitos e planos de lançamento de software. Novos modelos de MAVEPI específicos para a QS também vêm sendo propostos. Além da utilização unicamente das MAVEPI, constatou-se que podem ser benéficas a utilização de outros tipos de métodos, como métodos multicritério, métodos *baysianos* e lógica *fuzzy*, dependendo do problema que se pretende resolver.

As questões de pesquisa elaboradas foram respondidas através da realização da RSL. A contribuição científica desta pesquisa consiste no suprimento da lacuna existente entre a correlação das MAVEPI com a QS onde, através do portfólio selecionado, foi possível ter uma visão sistêmica do panorama atual da correlação das duas áreas, possibilitada pelo portfólio reportado e pela explanação do conteúdo. As conclusões a respeito das MAVEPI utilizadas em cada subárea de QS trazem um apoio para gerir futuras utilizações das metodologias de acordo com objetivos específicos.

Para trabalhos futuros, indica-se a aplicação das MAVEPI na QS. Não foram encontrados trabalhos utilizando metodologias como MMI e MMIA, por exemplo, ao qual se mostraram eficazes em pesquisas em outras áreas, como setor elétrico e agronegócio. A utilização de softwares para as análises de viabilidade econômica também é indicada, como o \$AVEPI, ao qual permite a economia de tempo e melhoria da qualidade na análise, visto que alguns dos trabalhos usaram métodos massivos para chegar a resultados finais. Devido à escassez de artigos no tema, também se indica a realização de pesquisas com o mesmo objetivo do trabalho presente, porém utilizando outras bases de busca e outras combinações.

Referências

ABEPRO – Associação Brasileira de Engenharia de Produção. **Áreas da Engenharia de Produção**. XLIII Encontro Nacional de Engenharia de produção, 2023. Disponível em: <<https://portal.abepro.org.br/enegep/2023/wp-content/uploads/2023/03/Areas-e-Subareas-da-Engenharia-de-Producao.pdf>> Acesso em: 24 jun. 2023.

ABES – Associação Brasileira das Empresas de Software. **Brazilian Software Market 2023 – Scenario & Trends**. Disponível em: <<https://abes.com.br/dados-do-setor/>> Acesso em: 23 jun. 2023.

BARTIÉ, A. **Garantia da qualidade de Software: garantindo maturidade organizacional**. Rio de Janeiro: Ed. 1, Elsevier, 2002.

CASAROTTO, N.F.; KOPITTKKE, B.H. **Análise de Investimentos: manual para solução de problemas e tomadas de decisão**. São Paulo: Ed. 12, Atlas, 2020.

DAMODARAN, A. **Introdução à Avaliação de Investimentos: ferramentas e técnicas para a determinação do valor de qualquer ativo**. Rio de Janeiro: Ed. 2, Qualitymark Editora, 2018.

ENGEL, A.; LAST, M. Modeling software testing costs and risks using fuzzy logic paradigm. **The Journal of the Systems and Software**. v. 80, p. 817–835, 2007.

ENSSLIN, L.; GIFFHORN, E.; ENSSLIN, S. R.; PETRI, S. M.; VIANNA, W. B. Avaliação do desempenho de empresas terceirizadas com o uso da metodologia multicritério de apoio à decisão – construtivista. **Revista Pesquisa Operacional**, v. 30, n. 1, p. 125-152, 2010.

EVELEENS, J.L.; PAS, M. V. D.; VERHOEF, C. Quantifying forecast quality of IT business value. **Science of Computer Programming**, v. 77, p. 314-354, 2012.

FELDERER, M.; ARMIN, C. Estimating the return on investment of taxonomy supported system testing in industrial projects. In: EUROMICRO CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING AND ADVANCED APPLICATIONS, 38., Cesme, Turkey. **Anais eletrônicos**. Cesme, Turkey: 2012. p. 426-430.

GANESAN, J. K. D.; KOLB, R.; HAURY, G. M. U. Comparing Costs and Benefits of Different Test Strategies for a Software Product Line: A Study From Testo AG1. In: INTERNATIONAL SOFTWARE PRODUCT LINE CONFERENCE, 11., Washington, United States. **Anais eletrônicos...** Washington, United States: ACM Digital Library, 2007. p. 74-83.

HARZER, J. H. **Indicadores de riscos em projetos de investimentos: uma contribuição à Metodologia Multi-índice**. Curitiba, 2015. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

HARZER, J. H., SOUZA, A.; SILVA, W. V., Cruz, J. A. W.; VEIGA, C. P. Probabilistic approach to the MARR/IRR indicator to assess financial risk in investment projects. **International Research Journal of Finance and Economics**, v. 144, p. 131–146, 2016.

HERADIO, R.; AMOROS, D. F.; CUBILLO, L. T.; PLAZA, A. P.G. Improving the accuracy of COPLIMO to estimate the payoff of a software product line. **Expert Systems with Applications**, Shreveportv, United States of America, v. 39, n. 9, p. 7919-7928, 2012.

HRYSZKO, J.; MADEYSKI, L. Cost Effectiveness of Software Defect Prediction in an Industrial Project. **Foundations of Computing and Decision Sciences**, Warsaw, Poland, v. 43, n.1, p. 7-35, 2018.

HUANG, F.; WANG, Y. C.; WANG Y.; ZONG, P. What Software Quality Characteristics Most Concern Safety-Critical Domains? In: International Conference on Software Quality, Reliability and Security Companion, 1., Lisboa, Portugal. **Anais eletrônicos...** Lisboa, Portugal, 2018, p. 635-636.

KARG, L. M.; GROTTKE, M.; BECKHAUS, A. A systematic literature review of software quality cost research. **Journal of Systems and Software**, v. 84. p. 415-427, 2011.

- LIMA, J. D. de; FERRO, W. A.; BORTOLUZZI, S. C.; SOUTHER, L. F. P.; BATISTUS, D. R. Uma proposta de ampliação na análise custo-volume-lucro por meio das análises de sensibilidade e de cenários. **Revista Exacta – EP**, São Paulo. v. 16, n. 2, p. 21-41, 2018.
- LIMA, J. D. de; SCHEITT, L. C.; BOSCHI, T. de F.; SILVA, N. J. da; MEIRA, A. A. de; DIAS, G. H. Propostas de ajuste no cálculo do *Payback* de projetos de investimentos financiados. **Custos e @gronegocio online**, v. 9, n. 4, p. 162-180, 2013.
- LIMA, J. D. de; ALBANO, J. C. da S.; OLIVEIRA, G. A.; TRENTIN, M.G.; BATISTUS, D. R. Estudo de viabilidade econômica da expansão e automatização do setor de embalagem em agroindústria avícola. **Custos e @gronegocio online**, v. 12, n. 1, p. 89-112, 2016.
- LIMA, J. D. de; TRENTIN, M. G.; OLIVEIRA, G. A.; BATISTUS, D. R.; SETTI, D. Systematic analysis of economic viability with stochastic approach: a proposal for investment. In: **Engineering systems and networks: the way ahead for industrial engineering and operations management**. Switzerland: Springer International Publishing, Serie 11.786, v. 10, p. 317-325, 2017a.
- LIMA, J. D. de; TRENTIN, M. G.; OLIVEIRA, G. A.; BATISTUS, D. R.; SETTI, D. A systematic approach for the analysis of the economic viability of investment projects. *Int. J. Engineering Management and Economics*, v. 5, n. ½, p. 19-34, 2015.
- NIKOLIK, B. Software Quality assurance economics. **Information and Software Technology**. v. 54, n.11, p. 1129-1238, 2022.
- NOGAS, P.S.M.; SOUZA, A.; SILVA, W.V. Análise de investimentos: uma contribuição probabilística ao índice TMA/TIR da Metodologia Multi-índice. **Revista Iberoamericana de Ciencias Empresariales y Economía**. Uruguai, v. 2, n. 2, p. 43-55, 2011.
- NUGROHO, A.; VISSER, J.; KUIPERS, T. An Empirical Model of Technical Debt and Interest. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING, 1., Honolulu, USA. **Anais eletrônicos...** Honolulu, USA, 2011. p. 1-8.
- ONI, O. Towards a Bayesian Decision Model for Release Planning in Incremental Development. In: INTERNATIONAL REQUIREMENTS ENGINEERING CONFERENCE, 25., Lisbon. **Anais eletrônicos...** Lisbon, 2017. p. 520-525.
- PRESSMAN, R. S; MAXIM, B. R. **Engenharia de Software: uma abordagem profissional**. Ed. 9, Bookman Grupo A, 2021.
- RASOTO, A.; GNOATTO, A. A.; OLIVEIRA, A. G. de; ROSA, C. F. da; ISHIKAWA, G.; CARVALHO, H. A.; LIMA, I. A. de; LIMA, J. D. de; TRENTIN, M. G.; RASOTO, V. I. **Gestão financeira: enfoque em inovação**. Curitiba: Aymarã Educação, 2012.
- ROCHA, A. C. DA.; MALDONADO, J. C.; WEBER, K. C. **Qualidade de software**. São Paulo: Ed. 1, Prentice Hall, 2001.
- SOMMERVILLE, Ian. **Engineering Software Products: An Introduction to Modern Software Engineering**. Ed. 1: Pearson, 2019.
- SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Metodologia multi-índice: um novo olhar sobre a avaliação de planos de negócios**. Lisbon, Ed. 1, Lisbon International Press, 2022.

VERHOEF, C. Quantifying the value of IT-investments. **Science of Computer Programming**, v. 56, p. 315–342, 2005.

XIA, Y.; WAN, H.; HUANG, Y.; XU, G. Stochastic modeling and quality evaluation of component-based software systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON QUALITY SOFTWARE, 6., Beijing, China. **Anais eletrônicos...** Beijing, China: IEEE Computer Society, 2006. p. 377-384.