



FERRAMENTAS DA QUALIDADE APLICADAS NA PRODUÇÃO DE SOFTWARE: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO

QUALITY TOOLS APPLIED IN SOFTWARE PRODUCTION: A BIBLIOMETRIC STUDY

Recebido em: 17 jul. 2020


Aprovado em: 09 out. 2020

Versão do autor aceita publicada online: 09 out. 2020

Publicado online: 25 jun. 2021

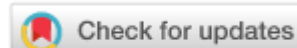
Como citar esse artigo - American Psychological Association (APA):

Adigneri, H. M., Galdamez, E. V. C., Barbosa, D. H., & Kurumoto, J. S. (2022, abr./jun.). Ferramentas da qualidade aplicadas na produção de software: um estudo bibliométrico. *Exacta*, 20(2), 521-547. <https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.17704>.

Submeta seu artigo para este periódico 



Dados Crossmark



FERRAMENTAS DA QUALIDADE APLICADAS NA PRODUÇÃO DE SOFTWARE: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO

QUALITY TOOLS APPLIED IN SOFTWARE PRODUCTION: A BIBLIOMETRIC STUDY

Helton Messias Adigneri¹
 Edwin Vladimir Cardoza Galdamez²
 Danilo Hisano Barbosa³
 Juliana Sayuri Kurumoto⁴

1
Graduando em Engenharia de Produção
Universidade Estadual de Maringá – UEM.
Maringá, PR – Brasil.
adigneri@hotmail.com

2 Doutor em Engenharia de Produção
Universidade Estadual de Maringá – UEM.
Maringá, PR – Brasil.
evcgaldamez@uem.br

3 Doutor em Engenharia de Produção
Universidade Estadual de Maringá – UEM.
Maringá, PR – Brasil.
dhbarbosa@uem.br

4 Doutora em Engenharia de Produção
Universidade Estadual de Maringá – UEM.
Maringá, PR – Brasil.
sayuri.juliana@gmail.com

Recebido em: 17 jul. 2020
Aprovado em: 09 out. 2020

Resumo: O objetivo deste trabalho é identificar a partir de uma análise bibliométrica as ferramentas da qualidade mais utilizadas nos processos de avaliação da qualidade na indústria de software. Para isso foi analisada a distribuição da produção científica no período de 1998 a 2018. Métodos bibliométricos de co-authorship e co-occurrence foram implementados pelo software VOSviewer utilizando uma base de dados com 862 publicações de um total de 3.560 publicações da base Technology Collection da plataforma ProQuest. Os resultados mostram as ferramentas da qualidade mais recorrentes para avaliação da qualidade de software, os autores que mais pesquisam sobre o tema a partir da frequência de citação, mapeou-se as redes de co-autoria e co-ocorrência de terminologias. A pesquisa revela uma possível tendência de ferramentas para o controle de qualidade na indústria de software e auxilia na investigação com empresas para verificar as ferramentas utilizadas e sua finalidade de uso, possibilitando encontrar novas lacunas de pesquisa.

Palavras-chave: Ferramentas da qualidade. Engenharia da qualidade. Qualidade de software.

Abstract: The aim of this study is to identify the quality tools most used in the quality assessment processes in the software industry from a bibliometric analysis. For this, the distribution of scientific production in the period from 1998 to 2018 was analyzed. Bibliometric methods of co-authorship and co-occurrence were implemented by the VOSviewer software using a database with 862 publications out of a total of 3,560 publications from the Technology Collection database of ProQuest platform. The results show the most recurring quality tools in software quality, the authors who research the most on the subject from the frequency of citation, mapped the networks of co-authorship and co-occurrence of terminologies. The research reveals a possible trend of tools for quality control in the software industry and assists in the investigation with companies to verify the tools used and their purpose of use, making it possible to find new research gaps.

Keywords: Quality tools. Quality engineering. Quality software.

1 Introdução

A partir dos anos 90, o Brasil começou a vivenciar uma abertura de mercado significativa, fazendo com que a indústria nacional se preocupasse com a qualidade de seus produtos e serviços, tanto para serem competitivas no mercado nacional ou para se consolidarem como exportadores. Conceitos de qualidade total se tornaram comum nos setores industriais e de serviços, com o objetivo principal de alcançarem uma fatia de mercado significativa e ao mesmo tempo garantindo lucro a partir de seus processos produtivos. Esse fato se comprova pelo aumento do número de certificações ISO 9001 (Mello, 2012; da Silva & Barbosa, 2017).

Segundo Pressman (2011), também foi na década de 90 que se deu início a um importante apelo por qualidade de *software*, quando as empresas perceberam que estavam perdendo bilhões de dólares, pois os *softwares* não estavam apresentando as funcionalidades desejadas. *Softwares* sem qualidade causavam desperdícios de dinheiro com manutenções e com perdas da produtividade, principalmente com erros de codificação. Problemas com qualidade de *software* persiste até os dias atuais. Como indicado pelo relatório Chaos (2015), 29% dos projetos tiveram êxito, ou seja, concluídos no prazo, dentro do orçamento e com uma qualidade satisfatória, mostrando que ainda precisa evoluir a qualidade em projetos de desenvolvimento de *software*. Quando se refere a qualidade de *software*, duas classificações surgem: qualidade do produto e do processo de produção ou desenvolvimento (Velthuis et al., 2010).

A gestão da qualidade total tornou-se difundida no meio industrial. Houve um desejo de conhecimento acerca das ferramentas da qualidade que proporcionaram ao Japão um rápido e sólido crescimento industrial. A gestão da qualidade total foi incorporada ao longo do tempo e da evolução do conceito de qualidade no âmbito organizacional (Mello, 2012). Para Carvalho e Paladini (2012), as ferramentas da gestão da qualidade garantem a aplicação prática dos seus princípios e definições, deste modo desempenham um papel importante no desenvolvimento da gestão da qualidade.

Para Sommerville (2011), a Engenharia de *Software* iniciou o desenvolvimento de técnicas formais de gerenciamento da qualidade de *software* partindo-se de métodos utilizados pelas indústrias de manufatura. Entretanto, o estudo realizado por Ghanbari et al. (2018) demonstra que na indústria de *software* existe um desconhecimento sobre as práticas de qualidade que apoiam o processo de tomada de decisão e contribuem para gerenciar as estratégias. É um ambiente industrial que demanda o desenvolvimento de habilidades gerenciais e de liderança da equipe de desenvolvedores para alcançar sucesso na implantação de um processo de melhoria do *software* (Almomani et al., 2018).

Com esses dois cenários, o da necessidade de qualidade de *software* e da utilização das ferramentas da qualidade, surge a oportunidade de investigar como a indústria de *software* utiliza as ferramentas propostas pela Engenharia da Qualidade.



A Associação Brasileira das Empresas de Software (ABES, 2019) destaca que o Brasil ocupou em 2018 a 9ª posição mundial em investimentos no setor de tecnologia da informação, sendo o primeiro colocado quando o mercado é a América Latina, desenvolvendo atividades de criação de *softwares*, *hardwares* e prestação de serviços em T.I. (Tecnologia da Informação).

O termo indústria de *software* refere-se a empresas de desenvolvimento de *softwares*, que possuem para tal, um processo de desenvolvimento estruturado, controlado e de forma contínua, com atendimento a múltiplas demandas de natureza e escopo diferentes, com objetivo de criar o produto *software* em conformidade com a documentação de requisitos e de forma produtiva e economicamente viável (Fernandes & Teixeira, 2004).

Desta forma, para garantir o recebimento de novos investimentos que consolide o país como referência de desenvolvimento de *software* com qualidade é necessário que as empresas tenham uma gestão da qualidade consolidada, utilizando ferramentas que apoiam o desenvolvimento de produtos e processos com garantias mínimas de qualidade, afim de que se tenham produtos competitivos a um custo menor, o que torna essencial saber quais ferramentas da qualidade as empresas estão utilizando ao fazerem sua gestão em qualidade, desde modo, entregando ao cliente um produto que além de implementar valor, seja de qualidade satisfatória.

Assim, há uma oportunidade de identificar quais das ferramentas da qualidade são utilizadas pela indústria de *software*, e quais os objetivos esperados com tal utilização por essas indústrias. Ainda, a pesquisa determina a intersecção do uso das ferramentas da gestão da qualidade, próprias da engenharia de produção, com os processos de engenharia de *software*.


O objetivo principal deste trabalho, portanto, é identificar quais das ferramentas da qualidade são utilizados na Engenharia de *Software* para que consiga garantir qualidade, seja no processo ou no produto.

A delimitação deste estudo reside na aplicação da análise bibliométrica com a finalidade de classificar as ferramentas da gestão da qualidade em ordem crescente de utilização em processos de garantia de qualidade de *software*, tendo como fonte de dados publicações de artigos científicos.

2 Revisão da literatura

2.1 Ferramentas de controle da qualidade

Para Benabdellah et al. (2020), o conceito de qualidade é um tema que sempre é abordado por vários pesquisadores porque a qualidade pode ser vista de várias formas e a partir de diferentes dimensões de desempenho ou atributos. Para Miguel (2001), não existe um termo único que define o que é qualidade, mas sim um conjunto de atributos, propriedades ou características que são relacionados a um produto tangível ou intangível.



Em diferentes pesquisas observa-se que a qualidade pode ser definida pelos tipos de abordagens que as indústrias utilizam para apoiar a estratégia de negócios. Neste caso, qualidade é uma abordagem transcendente; sabe-se o que é qualidade, mas não se consegue defini-la. Outro modo de definir qualidade é se referindo aos clientes ou usuários de um produto; ou seja, quais as percepções que os clientes têm sobre um produto ou serviço, pontos negativos e positivos. Outra abordagem é a definição pela conformidade da produção; os produtos têm que ter as especificações exigidas. A definição da qualidade referenciando-se ao produto ocorre quando se observa às diferenças na qualidade de alguns ingredientes ou atributos desejados. Por fim, a definição de qualidade pela perspectiva do valor diz que a qualidade é ter um produto a preço aceitável e possuir um controle da variabilidade a custo aceitável (Garvin, 2002; Pirsig, 1974; Juran & Gryna 1991; Deming, 1990; Crosby, 1984; Abbott, 1955; Broh, 1982). As ferramentas da qualidade têm o papel fundamental na tradução da abordagem utilizada para os controles operacionais e para apoiar o gerenciamento da qualidade. Os gerentes ou tomadores de decisão utilizam estas ferramentas para detectar problemas, encontrar causas, planejar e desenvolver ações corretivas e preventivas e monitorar soluções, melhorando a comunicação e a compreensão do processo (Castello et al., 2020). Os problemas podem ser antecipados pelo uso das ferramentas da qualidade, que são simples e de fácil entendimento (Corrêa & Corrêa, 2012).

Para Miguel (2001), nem todas as ferramentas da qualidade podem ser denominadas de ferramentas estatísticas da qualidade. Existem um outro grupo de ferramentas tradicionais da qualidade ou ferramentas de controle da qualidade, que são destinadas ao gerenciamento da qualidade.

Tarí e Sabater (2004) classificam as técnicas e ferramentas da qualidade, a partir das ferramentas da gestão da qualidade, dividindo-as em quatro grupos: ferramentas básicas da qualidade, ferramentas da gestão da qualidade, outras ferramentas e técnicas utilizadas na qualidade, conforme o Quadro 1.



Quadro 1

Classificação dos principais métodos e ferramentas da qualidade

Ferramentas básicas da qualidade	Ferramentas de gestão da qualidade	Técnicas da qualidade	Outras ferramentas
Diagrama de Causa e Efeito	Diagrama de Afinidades	<i>Benchmarking</i>	<i>Brainstorming</i>
Folha de Verificação	Diagrama de Setas	QFD -Desdobramento da Função da Qualidade	Fluxograma
Gráfico de Controle	Matriz de Priorização	DOE - <i>Desing of Experiments</i>	ARA - Árvore da Realidade Atual
Estratificação	Matriz de Relações	FMEA - Análise de Modo e Efeito de Falhas	5W1H
Histograma	Diagrama de Processo Decisório	<i>Poka-Yoke</i>	
Diagrama de Pareto	Diagrama de Relações	MASP – Método de Análise e Solução de Problemas	
Diagrama de Dispersão	Diagrama em Árvores	PDCA – <i>Plan, Do, Check, Act</i>	
		CEP - Controle Estatístico do Processo	

Fonte: Adaptado de Tarí e Sabater (2004).

Na literatura é possível encontrar estudos que relacionam um ou outra ferramenta da engenharia da qualidade a área de *software*. Como por exemplo, Bonanomi et al (2010), que utiliza FMEA para priorização de riscos em projetos de *software*; Já Sonda, Ribeiro e Echeveste (2000) e Scalvenzi e Miguel (2016) utilizaram a matriz QFD como forma de planejar o desenvolvimento do *software* de forma a atender os requisitos dos clientes. Middleton (2001) cita o *Poka-Yoke* como uma das ferramentas utilizadas em desenvolvimento de *software* para erradicar erros e localizar a causa raiz dos mesmos. Fonseca (2010), por sua vez, apresentou um modelo para controle estatístico de processo de desenvolvimento de *software* em pequenas e médias empresas e Silva e Milfont (2019) apresentam uma proposta de adaptação do MASP às etapas do Scrum. Por fim, Perucci e Campos (2016) apresentam técnicas de qualidade relacionadas a modelo de maturidade e normas de qualidade aplicadas a *softwares* como forma de controle de qualidade.

2.2 Qualidade de software

Pressman (2011), define qualidade, no contexto de *software*, dizendo que todos os sistemas computacionais construídos com qualidade deverão atender todos os requisitos funcionais e de desempenho e todas as regras de desenvolvimento que foram documentadas no início do projeto. Galin (2018) e Yue (2019) complementam ainda que a qualidade deve atender as necessidades dos *stakeholders*. Florac (1992) e Chauhan (2014) descrevem duas métricas que são relacionadas com a

gestão da qualidade do produto e a eficácia do processo de desenvolvimento do *software* denominadas de problemas do *software* (percepção de dificuldade e dúvida ou incerteza no usuário) e defeitos do *software* (falha do produto).

A importância da qualidade de *software* é amplamente reconhecida e discutida em conjunto com os métodos ágeis que incorporaram práticas de qualidade no processo de desenvolvimento de *software* para obter um *software* de qualidade rapidamente e em harmonia com as mudanças rápidas dos requisitos do cliente (Arcos-Medina & Mauricio, 2019). As metodologias de processos de desenvolvimento de *software* geram documentos com o objetivo de guiar a confecção do produto *software* garantido produtividade e qualidade, como por exemplo, o RUP (*Rational Unified Process*), o FDD (Desenvolvimento Dirigido a Funcionalidade), o XP (Programação Extrema) e o SCRUM (Pereira, 2014).

Apesar das dimensões da qualidade de Garvin (1987), inicialmente criadas para ser aplicadas nas indústrias de transformação física (conversão de matérias-primas em objetos físicos), elas podem ser aplicadas nas indústrias de *software* (que criam objetos lógicos), conforme apresentado no Quadro 2. Observa-se que, a partir dessas dimensões, a verificação da qualidade poderá ser quantitativa ou qualitativa.

Quadro 2

Dimensões da qualidade

Dimensões	Conceito
Qualidade de desempenho	o <i>software</i> oferece tudo que foi especificado durante a criação do documento de requisitos
Qualidade dos recursos	o usuário final “se encanta” ao utilizar o <i>software</i> pela primeira vez
Confiabilidade	o <i>software</i> está disponível com suas funcionalidades perfeitas, sem erros
Durabilidade	o <i>software</i> deverá ser mantido e corrigido sem causar outros erros em cascata
Conformidade	codificação, projeto, padrões de <i>software</i> locais e externos, interface com o usuário estão com os padrões aceitos e estabelecidos
Estética	o <i>software</i> apresenta uma certa “elegância”, um fluir único aos olhos do usuário
Facilidade de Manutenção	atualizações e correções, no <i>software</i> , devem ser feitas de maneira ágil e rápida, sem causar outros males ao produto
Percepção	o usuário tem que ter uma opinião formada de que o <i>software</i> tem qualidade, mesmo que não tenha

Fonte: Garvin (1987).

Ao longo do tempo, foram propostos muitos fatores e dimensões da qualidade para *software*, que tinham por objetivo definir certas características para dizer se um *software* tem qualidade ou não. Fatores da qualidade de McCall e da ISO 9126, conforme citados por Pressman (2011), concordam que um *software* de qualidade deve possuir os seguintes fatores: confiabilidade (ser confiável), usabilidade



(fácil de usar), facilidade de manutenção (reparo e atualizações simples), funcionabilidade (fazer o que é para ser feito) e portabilidade (transferência de ambientes de *software* ou *hardware* de modo simples).

Para Sommerville (2011), o gerenciamento da qualidade de *software* possui três preocupações:


- No nível organizacional, o gerenciamento da qualidade se preocupará em criar um *framework* com processos organizacionais e padrões. São processos e padrões para o processo de desenvolvimento de *software*, que será utilizado, assim como para os requisitos e a codificação;
- Nível de projeto, o gerenciamento da qualidade se preocupará com a aplicação de processos específicos da qualidade, verificando que as saídas do projeto estão em conformidade com o especificado;
- Também, em nível de projeto, o gerenciamento da qualidade estará preocupado com a criação de um plano de qualidade, com metas para processos e padrões de *software*.

No nível organizacional, têm-se os chamados pilares da qualidade de *software*, que se trata da gestão da qualidade em si, e que segundo Bartié (2002) estes pilares são:

- Planejamento da qualidade: onde se cria e se arquiteta programas de gestão da qualidade;
- Garantia da qualidade: especificações de como garantir a qualidade mínima desejada;
- Controle da qualidade: maneiras de gerenciamento a qualidade.

Deste modo, pode-se dizer que há preocupação de como e quando aplicar ferramentas da qualidade de *software* em relação ao processo de desenvolvimento e ao produto, e com isso, as indústrias de *software* utilizam de padrões e modelos de qualidade de *software* aplicados ao produto ou ao processo. A ISO 9000-3 (diz respeito a processo de desenvolvimento e manutenção), a ISO 12207 (trata o ciclo de vida do *software*), o CMMI (*Capability Maturity Model Integration* ou Modelo de Capacidade e Maturidade Integrado, que avalia a maturidade dos processos da empresa) e o MPS.br (Melhoria do Processo do *Software* Brasileiro) são aplicados ao processo de desenvolvimento. Por sua vez, a ISO 12119 (especificação para pacotes de *software*), a ISO 9126 (especifica métricas de *software*), são exemplos de padrões e modelos de qualidade utilizados nas indústrias de *software* (Vasconcelos et al., 2006; Koscianski & Soares, 2007).

Aspectos que demonstram que as indústrias de *software* possuem “processos formais e/ou informais que são implementados para produzir seus produtos de desenvolvimento de *software*” e esses produtos podem ser o produto final (sistemas computacionais, manuais, etc) ou artefatos



intermediários (documentação de requisitos, diagramas de projeto, testes, etc) e várias técnicas e ferramentas de prevenção e de detecção são utilizadas afim de identificar defeitos nos produtos de trabalho. As técnicas de prevenção podem ser: treinamentos, planejamentos, modelagens, atuação do grupo de garantia de qualidade (SQA - *System Quality Assurance*), melhorias do processo. E para as técnicas de detecção estão disponíveis: a análise e compilação do código fonte, revisões em pares, testes e simulações, auditorias, verificações e validações. (Vasconcelos et al., 2006).

Como mencionado, atividades de prevenção e detecção fazem parte constantemente da qualidade de *software* e dentro destas atividades têm-se duas que merecem atenção: (i) testes e (ii) métricas de *software*.

Para Pressman (2011), os testes (i), presentes na gestão da qualidade de *software*, deve seguir um roteiro, com planejamento, projeto de casos de testes, execução dos testes, projeto de casos de testes, execução dos testes, coleta e avaliação dos dados para tomada de correções de erros. Existem vários tipos de testes de *software*, divididos nas seguintes classes de testes:

- Teste de Unidade: a interface do módulo do sistema é testada afim de garantir que as informações caminham corretamente para dentro e para fora da unidade do sistema em teste;
- Teste de Integração: verifica erros na integração de componentes de *software*;
- Teste de Regressão: toda vez que se adiciona módulos ao sistema de computação, pode-se ocorrer erros. Este teste tenta verificar erros causados por estes novos módulos;
- Teste Fumaça: É uma abordagem do teste de integração. É utilizado em projetos com prazos críticos.

As métricas de *software* (ii) utilizam a ação de medir (medição), técnicas de avaliação e métricas (Pressman, 2011). Para Vasconcelos et al. (2006), o uso de métricas de *software* pode trazer informações a respeito do “atendimento dos produtos de *software* aos requisitos especificados, desempenho do processo de desenvolvimento, esforço/custo despendido” entre outros indicadores.

Kan (2002) demonstra a utilização de muitas métricas estatísticas (quantitativas) e qualitativas utilizadas nas métricas da qualidade. As métricas da qualidade são um subconjunto de métricas de *software* que tem seu foco no aspecto da qualidade do produto, do processo e do projeto. Em geral, as métricas da qualidade de *software* estão mais associadas com o processo de métricas do produto do que com as métricas do projeto. As métricas da qualidade do processo visam melhorar o desenvolvimento e a manutenção do *software*, por exemplo, a eficácia na remoção de defeitos, tempo de resposta do processo de correção. Por sua vez, as métricas da qualidade do projeto descrevem as



características do projeto e de sua execução, por exemplo, número de desenvolvedores, padrão de pessoal ao longo do ciclo de vida, custo e estimativas sobre o cronograma do projeto.

3 Método de pesquisa

A primeira parte deste trabalho é uma pesquisa exploratória constituída por uma análise bibliométrica com o objetivo principal de criar uma classificação das ferramentas da qualidade que são citadas em artigos científicos que exploram a temática acerca da qualidade de *software*.

A análise bibliométrica é uma técnica quantitativa e estatística que permite medir a quantidade de publicação e a disseminação do conhecimento. Através de uma base de dados, pode-se realizar a contagem da quantidade de publicações sobre um tema, a quantidade e os autores mais citados, classificar os termos ou palavras mais utilizadas, verificar as datas ou ano que se concentraram o maior número de publicações, entre outros indicadores bibliométricos que podem ser criados e utilizados (Lopes et al., 2012; Coates et al., 2001).

Deste modo, pode-se criar indicadores bibliométricos. Esses indicadores têm o papel de apoio na conclusão final do objetivo ao qual se realiza uma análise bibliométrica. Assim, neste trabalho, os indicadores bibliométricos ajudam a criar evidências e afirmações a respeito de quais ferramentas da qualidade a engenharia de *software* se apoia para garantir qualidade em seus produtos e/ou processos. Os indicadores bibliométricos observados neste trabalho são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3

Indicadores da pesquisa

Indicadores
Número de publicações sobre qualidade de <i>software</i> presente na base de busca
Número de publicações por ferramentas da qualidade utilizadas na qualidade de <i>software</i>
Autores com contribuições mais relevantes nas publicações
Ano de concentração das publicações com maior representatividade
Autores mais citados nas publicações
Palavras mais recorrentes nas publicações

Fonte: Autores (2020).

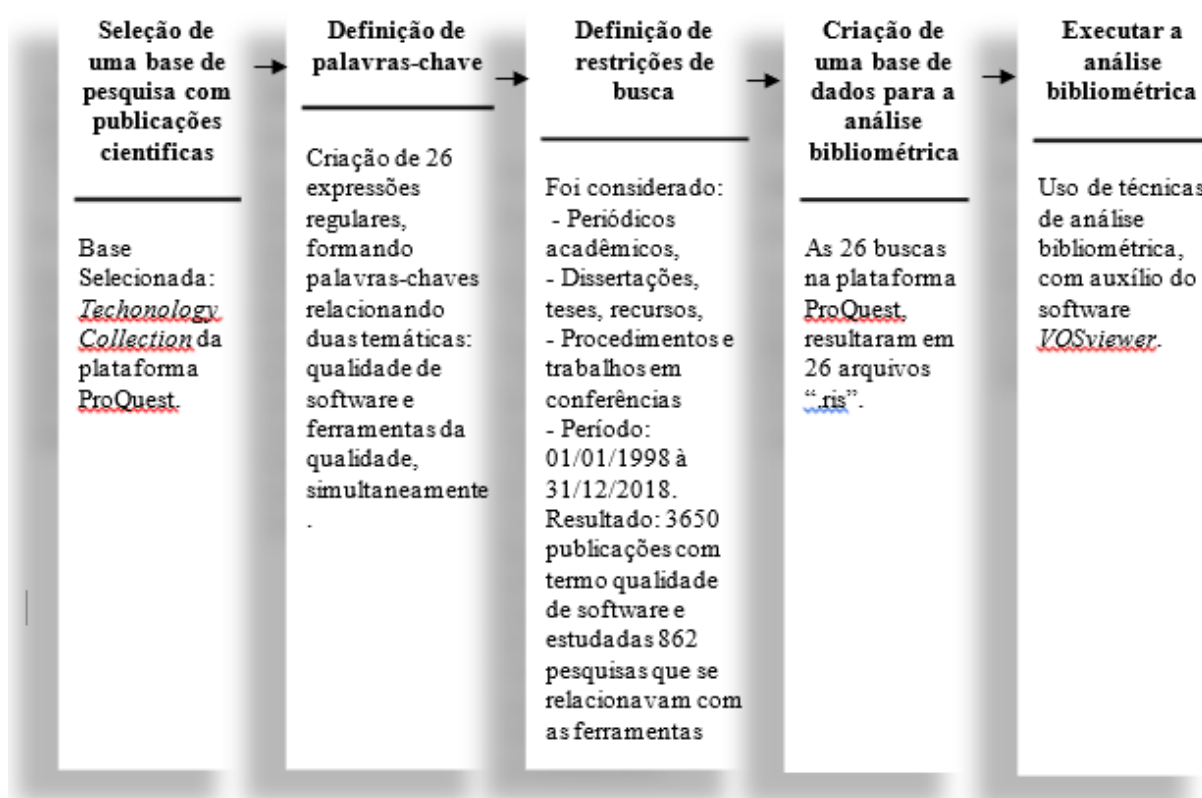
Segundo o guia de análise bibliométrica da *Thomson Reuters* (2008), a análise bibliométrica pode ser utilizada para:

- Medir a *performance* acadêmica;
- Realizar pesquisa acerca de uma temática;
- Entender a estrutura do desenvolvimento científico.

As etapas sequenciais da análise bibliométrica aplicadas neste trabalho são descritas na Figura 1, e posteriormente detalhadas.

Figura 1

Etapas da análise bibliométrica



Fonte: Autores (2020).

- **Seleção de uma base de pesquisa com publicações científicas:** Através do portal da Capes, foi selecionada a base *Techonology Collection* da plataforma *ProQuest* que contém 9 bases de dados com sub-bases, em diversas áreas do conhecimento. A base selecionada indexa literatura mundial sobre tecnologia e ciências aplicadas, como a computação, por exemplo.

- **Definição de palavras-chave:** foram utilizadas como palavras-chave a denominação das 26 ferramentas listadas no Quadro 1, sendo as pesquisas realizadas empregando tanto o termo em português quanto em inglês. Foram selecionadas publicações que tenham como temática a qualidade de *software*, e ao mesmo tempo, trabalhem com as ferramentas da qualidade. O Quadro 4 apresenta um exemplo das *strings* utilizadas, lógica aplicada para as demais denominações das ferramentas.



Quadro 4

Exemplo de strings da pesquisa bibliométrica

Ferramenta da qualidade	Palavras-chave
Diagrama de Causa e Efeito	("qualidade de <i>software</i> " AND "diagrama de ishikawa") OR ("qualidade de <i>software</i> " AND "diagrama de causa e efeito") OR ("quality <i>software</i> " AND "ishikawa diagram") OR ("quality <i>software</i> " AND "cause and effect diagram")
Folha de Verificação	("qualidade de <i>software</i> " AND "folha de verificação") OR ("quality <i>software</i> " AND "check sheet")
Gráfico de Controle	("qualidade de <i>software</i> " AND "gráfico de controle") OR ("qualidade de <i>software</i> " AND "carta de controle") OR ("quality <i>software</i> " AND "control letter") OR ("quality <i>software</i> " AND "control chart")
Histograma	("qualidade de <i>software</i> " AND "histograma") OR ("quality <i>software</i> " AND "histogram")
Diagrama de Dispersão	("qualidade de <i>software</i> " AND "diagrama de dispersão") OR ("qualidade de <i>software</i> " AND "diagrama de correlação") OR ("quality <i>software</i> " AND "scatter diagram") OR ("quality <i>software</i> " AND "correlation diagram")

Fonte: Autores (2020).

- **Definição de restrições de busca:** Houve a necessidade de definir um intervalo de tempo e os tipos de publicações que permitiu construir a base de dados da análise bibliométrica. As restrições para este trabalho foram definidas conforme o Quadro 5.

Quadro 5

Restrições da pesquisa bibliométrica

Restrições	
<i>Datas das publicações</i>	01/01/1998 à 31/12/2018
<i>Tipos de publicações aceitas sem restrição de idioma</i>	_ Periódicos Acadêmicos; _ Dissertações, Teses e Artigos; _ Procedimentos e trabalhos de conferências; _ Revistas.
<i>Tipos de publicações não aceitas</i>	_ Periódicos comerciais; _ Relatórios; _ Livros; _ Blogs, podcast e sites; _ Documentos de trabalho; _ Outras fontes.

Fonte: Autores (2020).

- **Criação de uma base de dados para a análise bibliométrica:** Para realizar uma análise bibliométrica, é necessário ter uma base de dados com informações de publicações com a temática desejada. Neste trabalho, esta base de dados foi formada por resultados de buscas na plataforma ProQuest utilizando as chaves conforme exemplificado no Quadro 4. Assim, a base de dados é formada por 26 arquivos em formato “.ris” que foram exportadas diretamente da plataforma ProQuest.

A busca com a palavra-chave [(“qualidade de *software*”) OR (“*quality software*”)] demonstrou que há 3.560 publicações na plataforma que trabalha com a temática da qualidade de *software*.

- **Executar a análise bibliométrica:** Para realizar uma análise bibliométrica, pode-se utilizar *softwares* bibliométricos que processam uma base de dados (geralmente arquivos “.ris”) com informações de buscas de publicações com características desejadas em comum. Estes *softwares* extraem, utilizando metodologias internas apropriadas, informações quantitativas que o usuário poderá utilizar como indicadores bibliométricos, conforme sua necessidade, para realizar conclusões a respeito do que já foi publicado sobre um tema. Neste trabalho, o *software* bibliométrico designado foi o *VOSviewer* 1.6.11 e os gráficos construídos com os indicadores bibliométricos extraídos do *VOSviewer* 1.6.11 é construído a partir do *software* Excel.

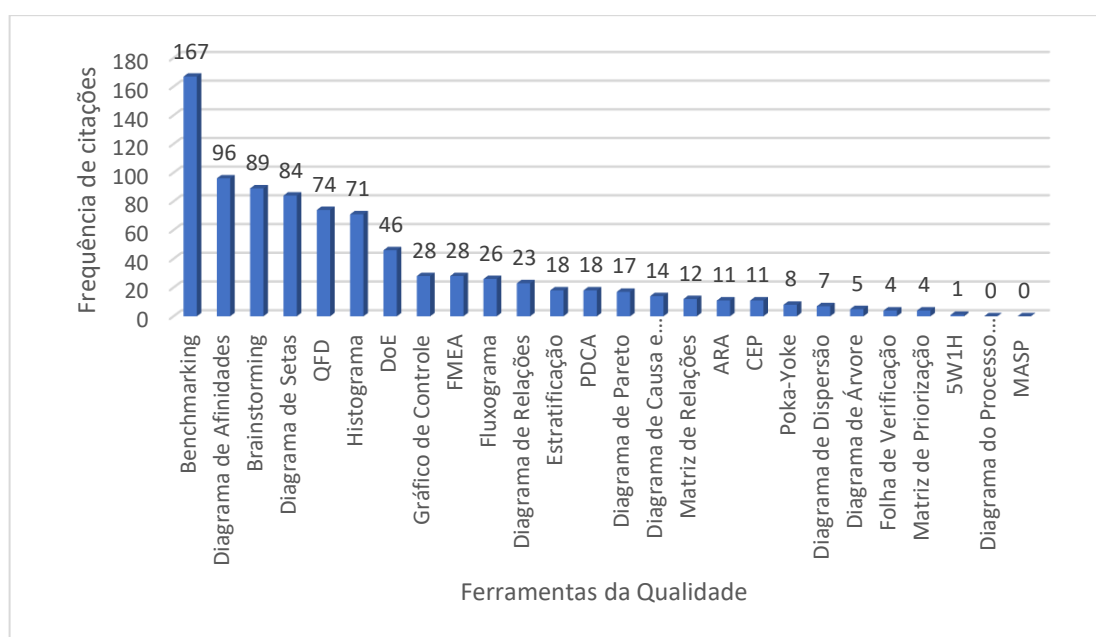
4 Resultados da Pesquisa

4.1 Número de publicações por ferramentas da qualidade aplicadas a qualidade de *software*

A partir das pesquisas realizadas e da formulação do banco de dados bibliométrico para identificar cada ferramenta da qualidade utilizada na qualidade de *software*, obteve-se um total de **862 publicações**. Foi possível classificar e elaborar o gráfico identificando as ferramentas mais citadas nestas publicações, conforme a Figura 2.

Figura 2

Frequência de citações x ferramentas da qualidade



Fonte: Autores (2020).



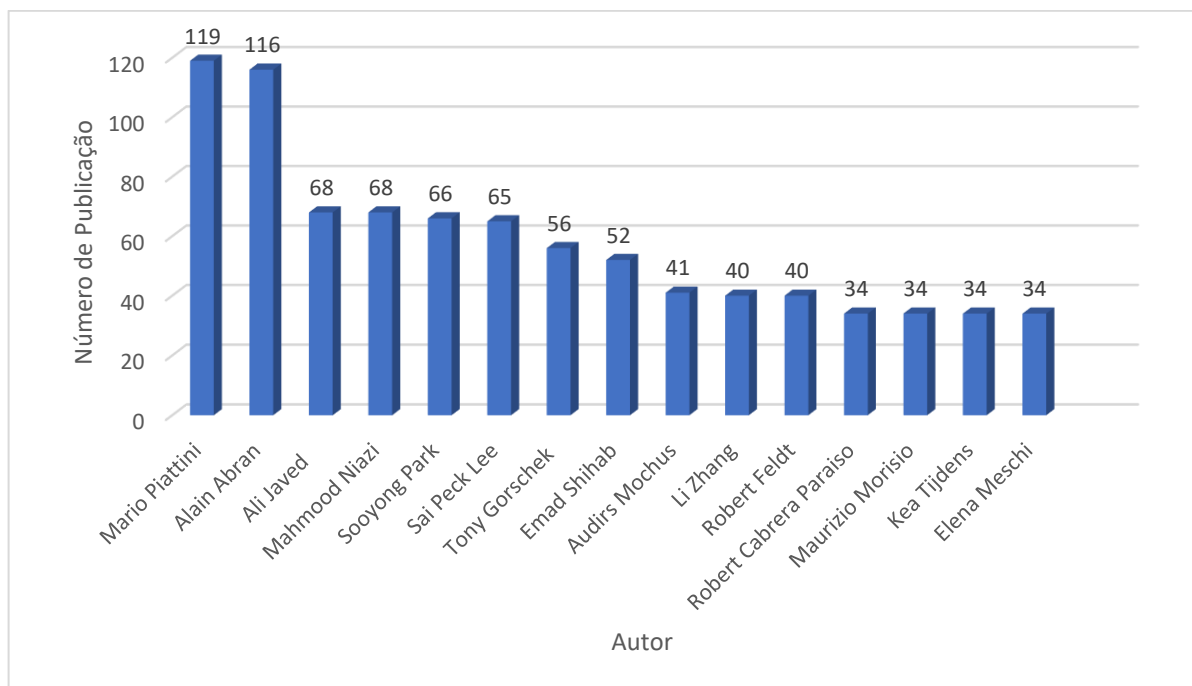
Na Figura 2, consta as ferramentas da qualidade mais citada nas publicações sobre qualidade de *software*. O *Benchmarking*, o Diagrama de Afinidades e o *Brainstorming* foram os mais citados, respectivamente. Já o Masp e o Diagrama do Processo Decisório não foram citados. Uma das razões pode ser devido a aplicações de outras ferramentas como o PDCA no caso do MASP, por trazer um resultado semelhante ao MASP, e no caso do Diagrama do Processo Decisório, por ser uma ferramenta pouco explorada e conhecida, provavelmente as empresas de *software* utilizam um fluxograma, em seu lugar, pois o fluxograma também traz informações sobre as etapas a serem consideradas para se chegar a um objetivo desejado, assim como o Diagrama do Processo Decisório.

4.2 Autores com maior número de publicações

Verificando os pesquisadores, na base de dados, os que mais publicam sobre a utilização de ferramentas da qualidade na avaliação de *software*, tem-se que a maior produtividade em termos de publicação é do autor Mario Piattini (n = 119), seguido por Alain Abran (n = 116), e por Ali Javed e Mahmood Niazi (n = 68). Na Figura 3, pode-se visualizar os 15 autores que mais publicaram sobre o assunto.

Figura 3

Número de publicação por autor



Fonte: Autores (2020).

4.3 Análise bibliométrica pelo método *co-authorship* (co-autoria)

Uma das análises bibliométricas disponíveis é a chamada análise *co-authorship* ou análise de co-autoria. Para Basso, Rech e Baseggio (2013), quando mais de um autor assina uma publicação eles se tornam co-autores e quando dois autores são co-autores em um ou mais artigos eles são chamados de colaboradores. A co-autoria é um indicador que avalia a colaboração intelectual entre autores.

Essa análise verifica na base de dados os coautores das publicações, trazendo indicadores com nomes de autores que trabalham juntos sobre um tema. A análise é importante pois mostra uma rede de autores preocupados com uma temática em comum.

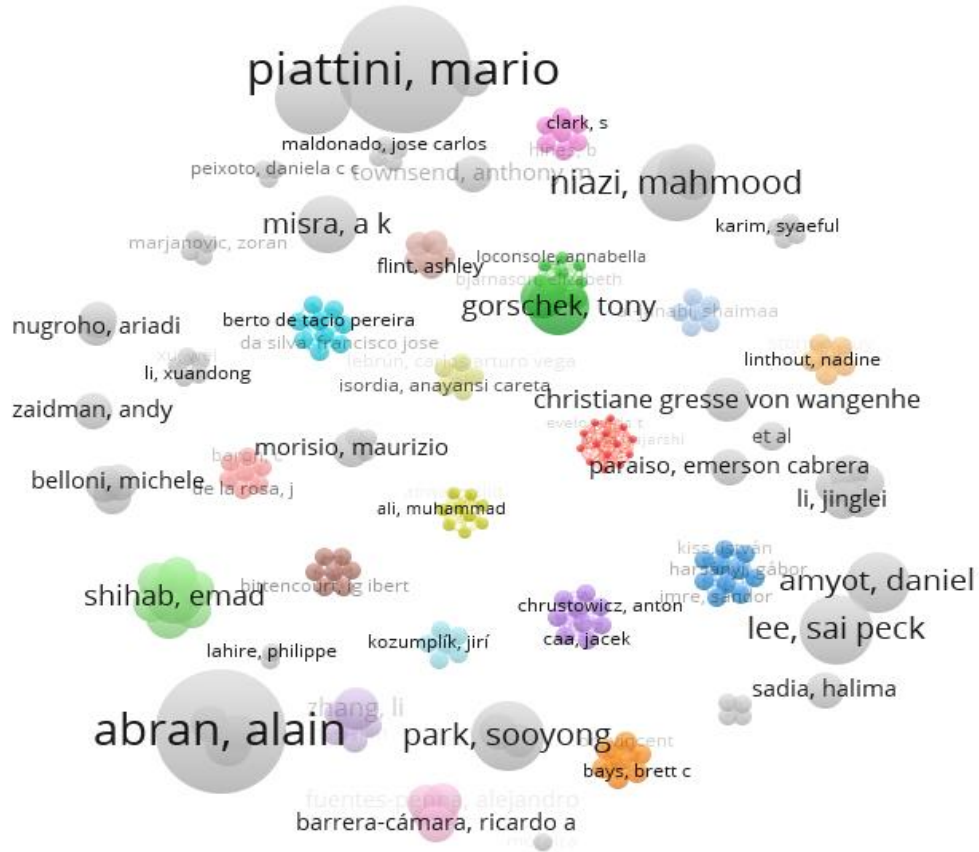
Configurando para verificar até 25 autores em uma publicação e o número mínimo de uma publicação por autor e trabalhando com um total de 200 autores, foi permitido a construção de diagramas que permitiram extrair informações sobre os autores do tema estudado.

Na Figura 4, identifica-se que Mario Piattini e Alain Abran foram os dois autores que mais colaboraram, cada um com seu grupo de co-autoria e com o seu tema em estudo específico. Estes dois autores apresentam os “círculos” maiores e destacados os demais ela sua magnitude, quando se observa a Figura 4. Quanto maior o tamanho do “círculo” na rede, maior a colaboração do autor sobre o tema. Cada agrupamento de círculos indica os autores que trabalharam juntos em publicações através de colaboração. Cada grupo isolado indica um tema distinto que é explorado nas publicações.



Figura 4

Rede de visualização de autor em colaboração



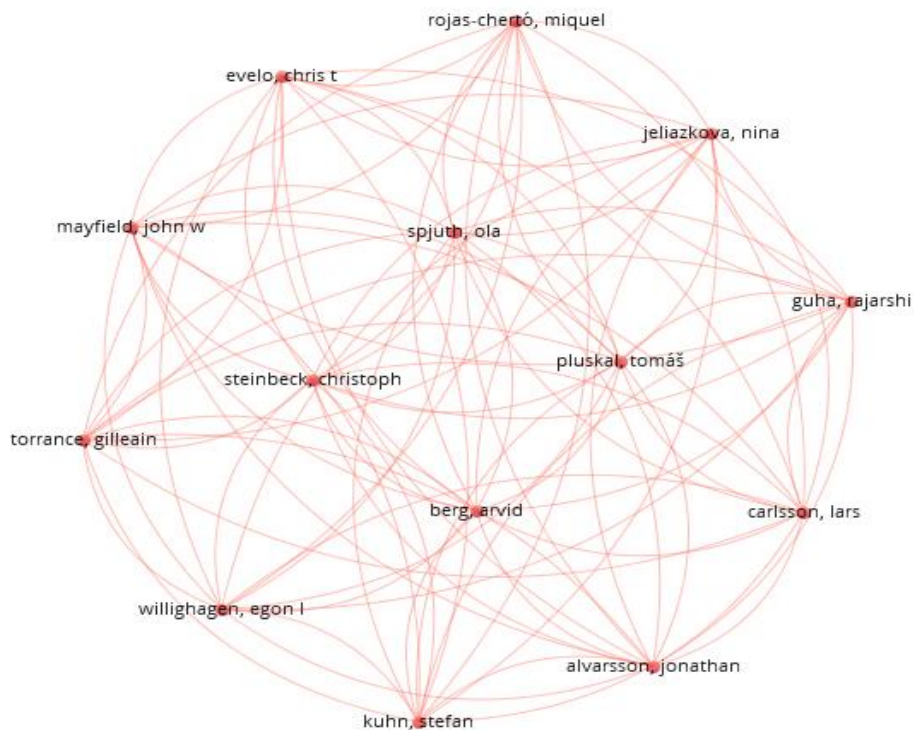
Fonte: VOSviewer 1.6.11 (2020).

No caso do Alain Abran observa-se que existem uma sobreposição no círculo que contém o autor e verifica-se na rede de co-autoria que o autor colabora com Oscar Pastor, Witold Suryn e Adel Khelifi.

Em relação ao lado direito do círculo do autor Emerson Cabrera Paraiso, nota-se um círculo, em vermelho, que chama a atenção por ser composto com muitos vértices e outros pequenos círculos. Este círculo concentra um número grande de autores de menor destaque, em relação a temática aqui estudada, que colaboram entre si. Aplicando, novamente, o recurso de *zoom*, verifica-se detalhes deste grupo de co-autores, como pode ser observado na Figura 5. Neste caso, nota-se que existem 14 autores em colaboração e uma grande concentração de ligações entre eles, provavelmente ligações de colaborações em uma temática de estudo única que os envolve de algum modo.

Figura 5

Rede de visualização de um grupo autor em colaboração em destaque



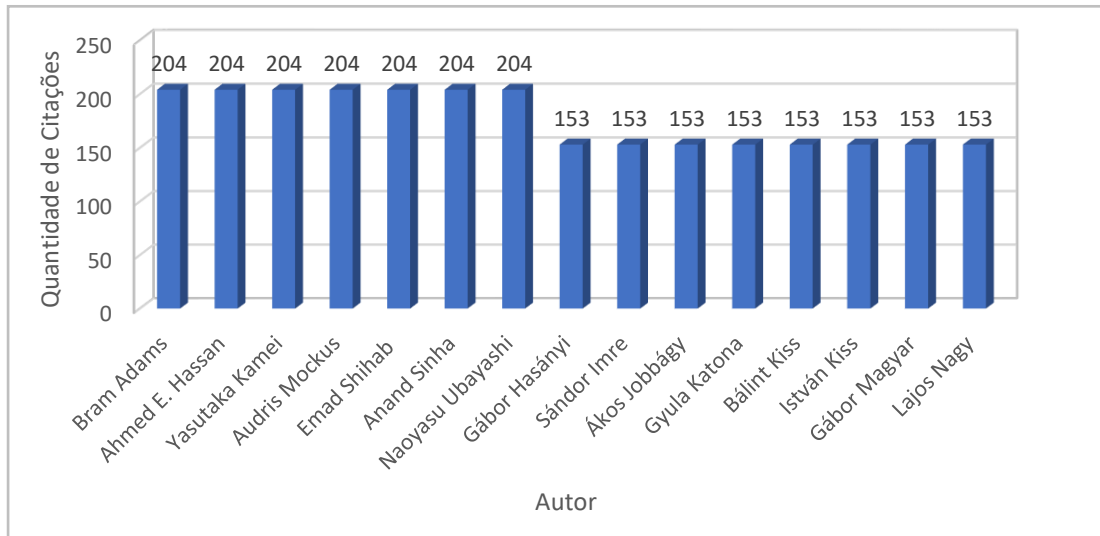
Fonte: VOSviewer 1.6.11(2020).

A Figura 6 representa o digrama de rede de visualização de sobreposição de co-autoria. O diagrama relaciona o ano em que os autores realizaram publicações em co-autoria. Cada aglomerado de círculo é uma temática publicada e cada cor dos círculos indica o ano que ocorreram as publicações. Com isso, por exemplo, pode-se dizer que a temática do autor Alain Abran e seus colaboradores em seu tema, fizeram publicações em meados do ano de 2010. Por sua vez, Mario Piattini, o autor mais expressivo em número de publicações, fez sua publicação em torno do ano de 2012. Também pode-se dizer que os grandes núcleos de temáticas publicaram em anos próximos, pois não há muitas intercessões de círculos com cores distintas.

A Figura 7 destaca o indicador de Quantidade de Citações dos autores e conclui-se que os sete autores mais citados obtiveram um total de 204 citações cada, seguidos de um segundo grupo de autores com 153 citações a eles.

Figura 7

Quantidade de citações x autor



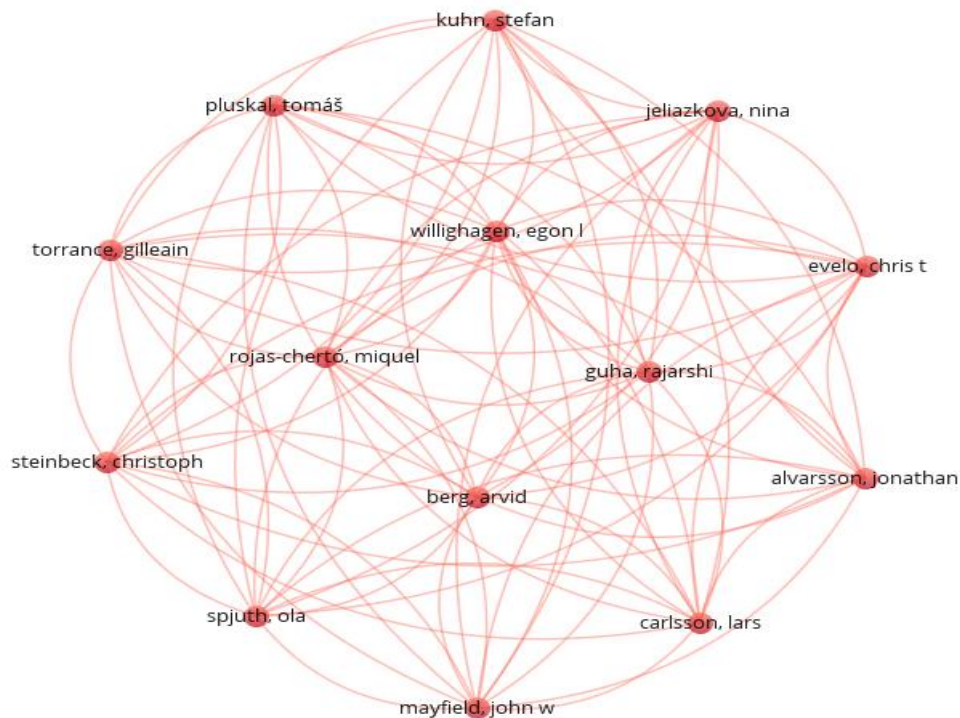
Fonte: Autores (2020).

É possível verificar os autores que se relacionam entre si, de alguma forma, como mostra a Figura 8. No tema de pesquisa existe um grupo com 14 autores que interagem entre si. As linhas de ligações, no diagrama, indicam os relacionamentos entre estes grupos de autores.



Figura 8

Rede de visualização com interrelacionamentos



Fonte: VOSviewer 1.6.11 (2020).

4.4 Análise Bibliométrica pelo método co-occurrence

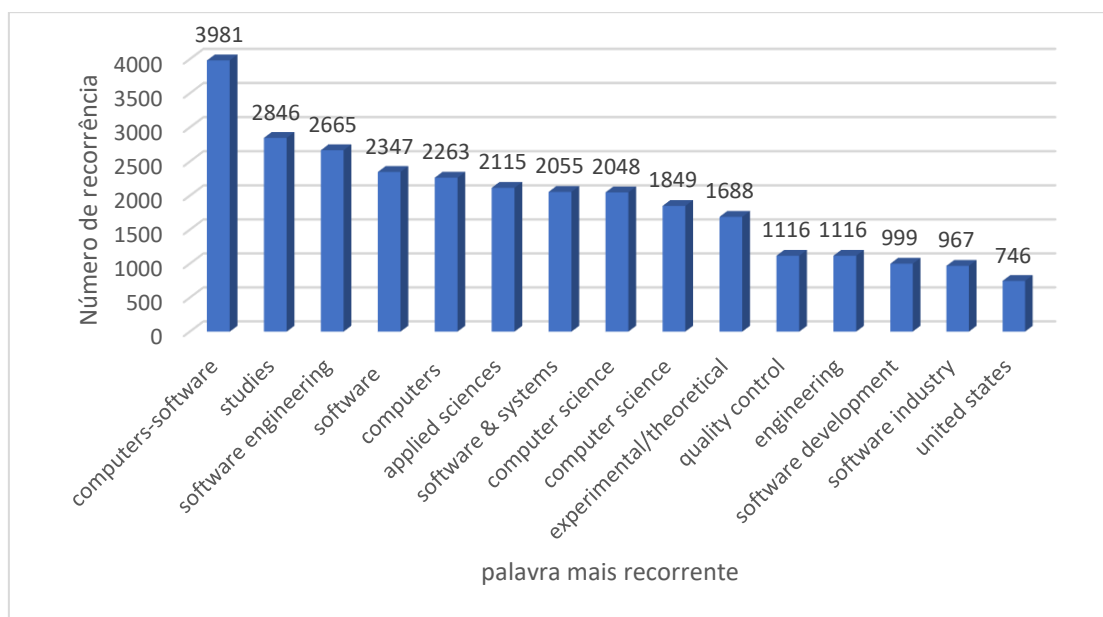
Segundo Zupic & Čater (2015), o método de *co-occurrence* ou co-ocorrência de palavras é uma técnica de análise de conteúdo que segue a seguinte lógica: se as palavras se repetem em diversos documentos, os conceitos relacionados à esta palavra também estão relacionados de alguma forma.

Esta metodologia busca nas publicações as palavras mais recorrentes. Para esta análise, as mesmas configurações da análise foram mantidas, explorando um total de 200 palavras.

Inicialmente é possível criar um indicador para verificar as palavras mais recorrentes nas publicações, conforme a Figura 9. Neste caso, observa-se que o *computers-software*, *studies* e *software engineering* são as três palavras mais recorrentes nas publicações.

Figura 9

Gráfico número de recorrência x palavra mais recorrente



Fonte: Autores (2020).

Apesar das palavras mais recorrentes não estarem relacionadas exatamente com as ferramentas da qualidade, pode-se observar palavras diretamente associadas com tais ferramentas, como por exemplo, *statistical analysis* que remete fortemente a ferramenta de Controle Estatístico do Processo (CEP). Também se notou outras palavras ligadas aos processos de qualidade e qualidade de *software*, como por exemplo, *quality of service* e *usability*, respectivamente. Desta forma, as palavras utilizadas no universo da engenharia de qualidade, das ferramentas da qualidade e da qualidade de *software*, presentes na base bibliométrica, estão relacionadas de algum modo, e assim, garantindo que a pesquisa bibliométrica não se desvie da temática proposta.

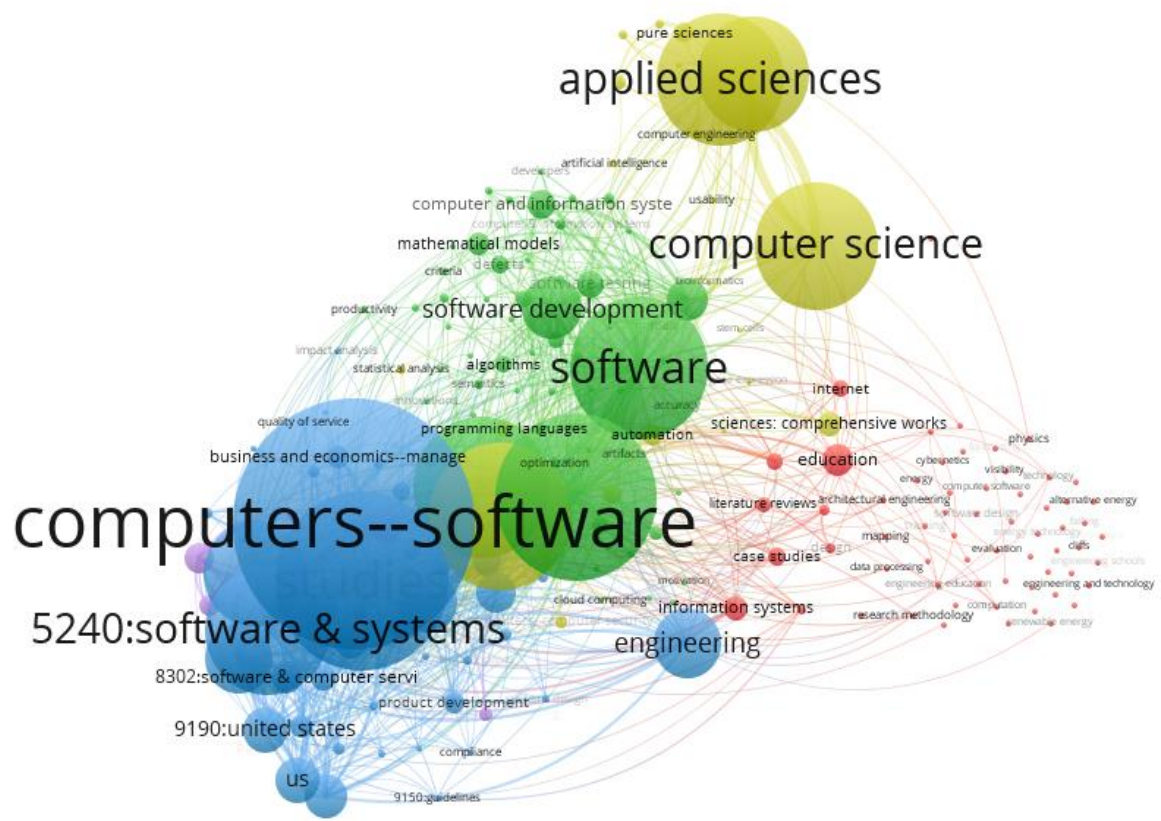
Pelo método *co-occurrence* foi produzido o diagrama de rede de visualização, conforme Figura 10. Neste caso, é possível observar pelo tamanho da fonte das palavras que as palavras mais recorrentes nas publicações foram *computers-software*, *software & systems*, *software*, *computer science*, entre outras. Além disso, é possível notar a formação de quatro principais *clusters* (aglomerados de palavras com grande número de relacionamentos, ou ligações, entre si, presentes na base bibliométrica), sendo de cor azul relacionado a qualidade e conformidade de *software*, de cor verde envolvendo o desenvolvimento, linguagem de programação, algoritmos, de cor amarelo voltado para ciência da computação, e de cor vermelho relacionado a trabalhos acadêmicos que envolvem por exemplo revisão da literatura e estudos de caso. Assim, nota-se a existência de relacionamentos de palavras ou termos utilizados nas áreas de computação, engenharia de *software* e engenharia da qualidade, relacionando-se, desde modo, ligando de alguma forma, essas áreas do conhecimento, com palavras que remetem



as ferramentas da qualidade, reforçando mais uma vez a validade da análise bibliométrica sem fugir da temática proposta. Observa-se, também que quanto mais longe os núcleos dos *clusters* estão, menos importante e significativo será estes relacionamentos, assim existem distância muito próximas de *clusters* com palavras da engenharia de *software* e da engenharia de qualidade.

Figura 10

Rede de visualização de palavras com relacionamentos

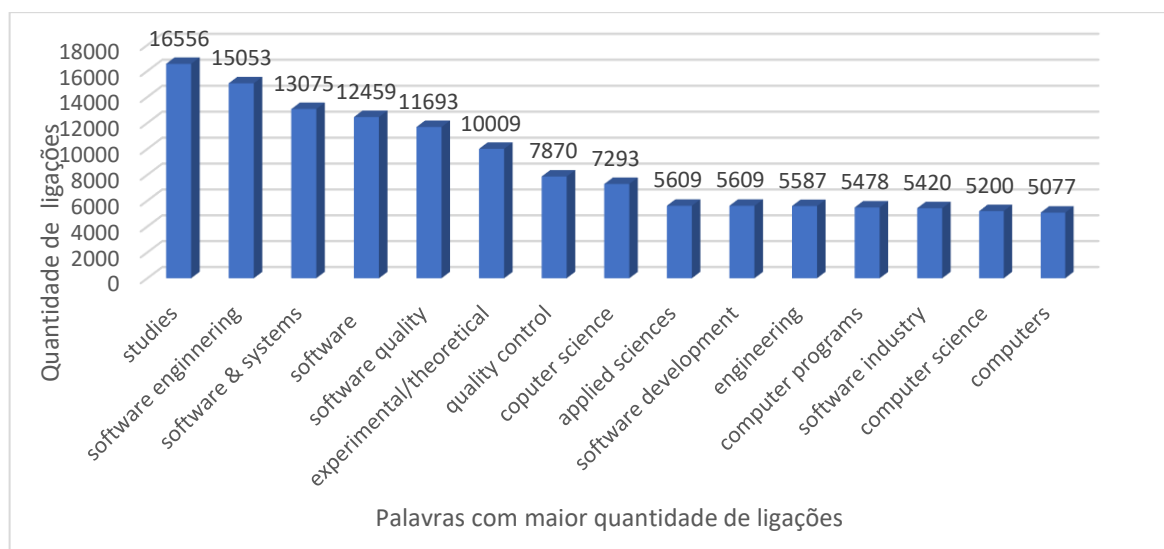


Fonte: VOSviewer 1.6.11(2020).

O diagrama também representa as ligações existentes entre o relacionamento de palavras importantes, e através dessa informação foi possível criar o indicador de palavras que mais se ligam com outras, conforme Figura 11. E, *studies*, *software engineering*, *software & systems* são as três palavras com maior ligação com outras.

Figura 11

Palavras com maior quantidade de ligação



Fonte: Autores (2020).

O diagrama de rede de visualização de intensidade é destacado na Figura 12. Observa-se que existem 5 núcleos com tonalidade em amarelo ao redor das 5 palavras mais citadas nas publicações. Existem outras palavras ao redor dos núcleos de tonalidades mais fortes, que são palavras que estão relacionadas de algum modo com as principais palavras mais citadas. Por exemplo, a palavra *computers-software*, de maior predominância de citação tem dentro do seu núcleo a palavra *software & system*, isso significa que de alguma forma as duas palavras se complementam ou se relacionam de alguma forma nas publicações.

causas a sua importância para coletar ideias para o planejamento das atividades, e a criação do produto. Já o fluxograma é uma ferramenta menos relevante cientificamente identificada nas pesquisas.

Foi observado em trabalhos do ano de 2018, a citação das ferramentas PDCA, QFD, *Poka-Yoke*, FMEA e DoE. Isso pode ser um indicativo de tendência de que a indústria de *software* está incorporando processos de melhorias mais robustos e alinhados a necessidades do processo de produção do *software*.

A pesquisa apresenta o estado da arte do tema, contribuindo para melhorar a compreensão da interface entre as áreas de engenharia de produção e engenharia de *software* ao apresentar as ferramentas que inicialmente foram desenvolvidas para indústrias de manufatura e que são aplicadas em melhorias de qualidade de *software*. Além disso, o trabalho contribui com a prática, pois permitirá às empresas conhecerem e ter uma referência do que tem sido estudo nos últimos anos. Por fim, o trabalho verificou a falta de uma influência ou uma produção significativa de pesquisadores brasileiros na temática que poderiam ajudar a entender o contexto das ferramentas em empresas nacionais.

Assim, para trabalhos futuros, propõe-se um estudo mais detalhado do uso das ferramentas da qualidade nos processos da qualidade de *software*, incluindo um levantamento junto às empresas, seguindo métodos de pesquisa baseado em conceitos estatísticos.

É válido mencionar que os resultados e análises realizadas não esgotam o assunto. As limitações do estudo são relacionadas com a própria aplicação de indicadores bibliométricos que pode levar a desconsiderar pesquisas mais recentes como importantes para a área de conhecimento.

Referências

- Abbott, L. (1995). *Quality and Competition*. New York: Columbia University Press.
- ABES – Associação Brasileira de Empresas de Software. *Dados do Setor: Estudo 2019 / Dados 2018*. Disponível em: <http://www.abessoftware.com.br/dados-do-setor/estudo-2019--dados-2018>
- Almomani, M. A., Basri, S., & Gilal, A. R. (2018). Empirical study of software process improvement in Malaysian small and medium enterprises: The human aspects. *Journal of Software: Evolution and Process*, 30(4), 1-15. <https://doi.org/10.1002/smr.1953>
- Arcos-Medina, G., & Mauricio, D. (2019). Aspects of software quality applied to the process of agile software development: a systematic literature review. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 10, 867–897. <https://doi.org/10.1007/s13198-019-00840-7>
- Bartié, A. (2002). *Garantia de Qualidade de Software: adquirindo maturidade organizacional*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Basso, K., Rech, E., & Baseggio, H. W. (2013). *Análise bibliométrica da coautoria em marketing no Brasil: evidências a partir de artigos publicados em eventos promovidos pela ANPAD entre 2000 e 2009*. Disponível em: <http://revistaseletronicas.pucrs.br/fo/ojs/index.php/face/article/view/18256>



- Benabdellah, A.C., Benghabrit, A., & Bouhaddou, I. (2020). Design for relevance concurrent engineering approach: integration of IATF 16949 requirements and design for X techniques. *Research in Engineering Design*, 31, 323–351. <https://doi.org/10.1007/s00163-020-00339-4>
- Bonanomi, R. C., da Silva, W. V., Del Corso, J. M., & Duclós, L. C. (2010). Aplicação da teoria grey e FMEA – análise dos modos de falha e efeitos na priorização de riscos de projetos de desenvolvimento de *software* produto. *Revista Gestão Industrial*, 6(4), 70-92. <https://doi.org/10.3895/S1808-04482010000400004>
- Broh, R. A. (1982). *Managing Quality of Higher Profits*. New York: McGraw-Hill.
- Carvalho, M. M., & Paladini, E. P. (2012). *Gestão da Qualidade –Teoria e Casos*. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Castello, J., de Castro, R., & Marimon, F. (2020). Use of quality tools and techniques and their integration into ISO 9001: A wind power supply chain case", *International Journal of Quality & Reliability Management*, 37(1), 68-89. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-07-2018-0171>
- Chauhan V., Gupta, D. L., & Dixit, S. (2014). Role of Software Metrics to Improve Software Quality. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 5(3), 4167-4170. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.589.4656&rep=rep1&type=pdf>
- Chaos (2015) - Standish Group 2015. *Chaos report—Q&A with Jennifer Lynch*. Disponível em: <https://www.infoq.com/articles/standish-chaos-2015>
- Coates, V., & Farooque, M. (2001). *On the Future of Technological Forecasting*. North-Holland: Elsevier Science.
- Corrêa, H. L., & Corrêa C. A. (2012). *Administração de Produção e Operações*. 3ª. ed. São Paulo: Editora Atlas.
- Crosby, P. B. (1984). *Cutting the Cost of Quality*. Industrial Education Institute.
- da Silva, T. T. L., & Barbosa, A. F. B. (2017). Evolução da norma ISO 9001: uma análise comparativa. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, 2(4), 56-66. <https://doi.org/10.25286/repa.v2i4.718>
- Deming, W. E. (1990). *Qualidade: a revolução da administração*. Rio de Janeiro: Marques Saraiva.
- Fernandes, A. A., & Teixeira, D. S. (2004). *Indústria de Software: implantação e gestão de operações*. São Paulo: Atlas.
- Florac, W. A. (1992). *Software Quality Measurement: A Framework for Counting Problems and Defects*. Technical Report. Software Engineering Institute. Carnegie Mellon University.
- Fonseca, P. C. (2010). *Modelo para controle estatístico de processos de desenvolvimento de software*. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 144 f.
- Galin, D. (2018). *Software quality: concepts and practice*. 1 ed.: Wiley-IEEE Computer Society.

- Garvin, D. A. (1987). Competing on the Eight Dimensions of Quality. *Harvard Business Review*, 65(6), 101–109.
- Garvin, D. A. (2002). *Gerenciando a Qualidade: a Visão Estratégica e Competitiva*. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark.
- Ghanbari, H., Vartiainen, T., & Siponen, M. (2018). Omission of quality software development practices: a systematic literature review. *ACM computing surveys*, 51(2), 1–27. <https://doi.org/10.1145/3177746>
- Juran, J. M., & Gryna, F. M. (1991). *Controle da Qualidade Handbook – Conceitos Políticos e Filosofia da Qualidade*. Volume 1. São Paulo: Makron Books do Brasil.
- Kan, S. H. (2002). *Metrics and Models in Software Quality Engineering*. Boston: Addison Wesley.
- Koscianski, A., & Soares, M. S. (2007). *Qualidade de Software*. Novatec.
- Lopes, T., Costa, M. T., Fernández-Llimós, F., Amante, M. J., & Lopes, P. F. (2012). *A Bibliometria e a Avaliação da Produção Científica: indicadores e ferramentas*. BAD – Associação Portuguesa de Bibliotecários, Arquivistas e documentalistas.
- Mello, C. H. P. (2012). *Gestão da Qualidade*. São Paulo: Editora Pearson.
- Middleton, P. (2001). Lean software development: two case studies. *Software Quality Journal*, 9, 241-252. <https://doi.org/10.1023/A:1013754402981>
- Miguel, P. A. C. (2001). *Qualidade: Enfoques e Ferramentas*. São Paulo: Artliber Editora.
- Pereira, I. M. (2014). *Desenvolvendo software inovador em universidades públicas: Adaptando processos ágeis para a realidade de laboratórios de pesquisa e desenvolvimento*. Disponível em: https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/3512/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O_DesenvovendoSoftwareInovador.pdf
- Perucci, C. C., & Campos, F. C. (2016). Técnicas de qualidade aplicadas em software: um estudo bibliométrico. *Revista de Ciência & Tecnologia*, 19(38), 5-15. <http://dx.doi.org/10.15600/2238-1252/rct.v19n38p5-15>
- Pressman, R. S. (2011). *Engenharia de Software: Uma Abordagem Profissional*. 6ª. Ed. Porto Alegre: McGrawHill.
- Pirsig, R. M. (1974). *Zen and the Art of Motorcycle Maintenance*. New York: Bantam Books.
- Scalvenzi, L., & Miguel, P. A. C. (2016). QFD aplicado ao desenvolvimento de software: priorização de requisitos do cliente em uma matriz de funções. *Exacta – EP São Paulo*, 14(4), 677-692. <https://doi.org/10.5585/exactaep.v14n4.6591>
- Silva, E. L. L., & Milfont, F. G. A. (2019). Correlação e proposta de adaptação do MASP às etapas do framework Scrum. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, v. 4, n. 4, p. 73-81. <https://doi.org/10.25286/repa.v4i4.1234>
- Sommerville, I. (2011). *Engenharia de Software*. 9ª. Ed. São Paulo: Pearson.



Sonda, F. A., Ribeiro, J. L. D., & Echeveste, M. E. (2000). Aplicação do QFD no desenvolvimento de software: um estudo de caso. *Produção*, 10(1), 51-75. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132000000100004>

Tarí, J. J., & Sabater, V. Quality Tolls and techniques: Are they necessary for quality management? *International Journal of Production Economics*, 92(3), 267–280. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.10.018>

Thomson Reuters. *Using Bibliometrics: A guide to evaluating research performance with citation data*. Disponível em: <http://thomsonreuters.com/products/ip-science/04_030/using-bibliometrics-a-guide-to-evaluat-in-g-r-ese-arc-h-p-erforman-ce-wit-h-c-itation-data.pdf>. Acesso em agosto 2019.

Vasconcelos, A. M., Rouiller, A. C., Machado, C. A. F., & de Medeiros, T. M. M. (2006). *Introdução à Engenharia de Software e à Qualidade de Software*. Lavras: UFLA/FAEPE.

Velthuis M. G. P., Muñoz, C. C., & de La Rubia, M. A. M (2010). *Calidad del producto y proceso software*. RA-MA S.A. Editorial y Publicaciones.

Yue, C. (2019). A projection-based approach to software quality evaluation from the users' perspectives. *International Journal fo Machine and Learning and Cybernetics*, 10, 2341–2353. <https://doi.org/10.1007/s13042-018-0873-y>

Zupic, I., & Čater, T. (2015). Bibliometric Methods in Management and Organization. *Organizational Research Methods*, 18(3), 429-472. <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>