

## Abordagens de pesquisa em Engenharia da Qualidade: uma revisão bibliométrica

João Pedro Vianna Ribeiro (Universidade de Brasília) [joaopvribeiro@gmail.com](mailto:joaopvribeiro@gmail.com)

Rodrigo Nêris Silva (Universidade de Brasília) [sccprodrigonis@gmail.com](mailto:sccprodrigonis@gmail.com)

Solon Thomaz Ferreira Júnior (Universidade de Brasília) [solonnthomaz@gmail.com](mailto:solonnthomaz@gmail.com)

Simone Borges (Ceftru/Nadesp/Universidade de Brasília) [simoneborges@unb.br](mailto:simoneborges@unb.br)

Ari Melo Mariano (Ceftru/Nadesp/Universidade de Brasília) [arimariano@unb.br](mailto:arimariano@unb.br)

### Resumo

O objetivo deste estudo foi realizar um estado da arte dos últimos 18 anos a respeito da Engenharia da Qualidade. Foi realizada uma pesquisa exploratória, por meio da Teoria do Enfoque Meta Analítico Consolidado – TEMAC, de Mariano e Rocha (2017). O termo pesquisado foi “Quality Engineering”, pesquisado nas bases Web Of Science, Scopus e Google Scholar. Os resultados mostram que, apesar de uma queda nos anos de 2014 e 2015, o tema se mostra altamente relevante de 2005 até o momento. Este resultado corrobora com o interesse e necessidade das mais diversas organizações em desempenhar melhor para sobreviver no mercado e vencer a concorrência. Levantou-se que os subtemas mais relevantes são engenharia e ciência da computação, mostrando que, apesar da popularização da temática, os campos mais tradicionais são os que ainda mais pesquisam acerca do tema. Entre as abordagens mais relevantes estão estudos de Du (2000), que usa métodos probabilísticos em aplicações de Seis Sigma. Design Robusto também aparece como abordagem importante com os autores Taguchi e Phadke.

**Palavras chave:** Engenharia, Qualidade, Meta-Análise, TEMAC.

### Research approaches in Quality Engineering: a bibliometric review

#### Abstract:

The objective of this study was to perform a state of the art in the last 18 years regarding Quality Engineering. An exploratory research was carried out, through the Theory of the Consolidated Meta Analytical Approach - TEMAC, by Mariano e Rocha (2017). The term searched was "Quality Engineering", searched on the Web of Science, Scopus and Google Scholar databases. The results show that, despite a decline in the years 2014 and 2015, the theme is highly relevant from 2005 to date. This result corroborates with the interest and need of the most diverse organizations to perform better in order to survive in the market and win the competition. It was pointed out that the most relevant sub-themes are engineering and computer science, showing that, despite the popularization of the subject, the more traditional fields are the ones that further research on the subject. Among the most relevant approaches are studies by Du (2000), which uses probabilistic methods in Six Sigma applications. Robust Design also appears as an important approach with Taguchi and Phadke authors.

**Key-words:** Engineering, Quality, Meta-Analysis, TEMAC

## 1. Introdução

O acentuado nível de competitividade tem demandado que as organizações busquem melhorias em seus processos e procedimentos de forma a aumentar suas chances de sucesso nesse cenário em constante mudança. Fatores como a globalização, novos padrões operacionais, o desenvolvimento de novas tecnologias e o aumento da demanda por serviços diferenciados fazem com que a adaptação às novas realidades seja um passo essencial para aqueles que desejam se destacar e sobreviver. O caminho escolhido por parte das empresas é se diferenciar através da melhor entrega ao cliente, da melhor qualidade (HENRIQUE, 2014).

Qualidade, refere-se a solução de problemáticas que influenciam a satisfação do cliente, envolvendo causas no campo de marketing, projetos, engenharia produção, manutenção e etc. (FEIGENBAUM, 1994).

Segundo a ABEPRO (2008), a Gestão da Qualidade, é uma das grandes áreas de atuação da Engenharia de Produção, tendo como subáreas a “Gestão de Sistemas da Qualidade”, “Planejamento e Controle da Qualidade”, “Normalização, Auditoria e Certificação para a Qualidade”, “Organização Metrológica da Qualidade”, “Confiabilidade de Processos e Produtos”.

Na literatura, a qualidade ganhou especial destaque após estudos e trabalhos realizados por nomes como Walter Shewhart (1931), W. E. Deming (1950), Joseph M. Juran (1991), Vincente Falconi (1992) e Armand V. Feigenbaum (1994), que definiram e debateram exaustivamente o tema, moldando a forma como o atendimento às necessidades dos clientes é enxergado e, conseqüentemente, como o trabalho para garantir a satisfação dos usuários é realizado (ANTÓNIO et al, 2016).

Assim, pode-se perceber inúmeras contribuições na literatura científica sobre o tema qualidade, porém conhecer o perfil destes trabalhos por sua importância e novas abordagens se faz necessário. Deste modo o problema desta pesquisa é: quais as principais contribuições na pesquisa científica de alto impacto? Quais os principais países que publicaram e autores relevantes?

Este estudo é importante para apresentar o estado da arte da Engenharia da Qualidade, revelando países, autores, citações e subtemas estudados. Assim o objetivo deste artigo é realizar um estado da arte dos últimos 18 anos a respeito da Engenharia da Qualidade.

Para tanto, foi feita uma pesquisa do tipo exploratória por meio da Teoria do Enfoque Meta Analítico Consolidado, de Mariano e Rocha (2017).

O estudo segue com o tópico 2, apresentando a metodologia aplicada no processo de pesquisa. Seguido pelo tópico 3 e 4, onde é apresentada a revisão bibliométrica/resultados obtidos e as conclusões, respectivamente.

## 2. Metodologia

O estudo realizado utiliza a Teoria de Enfoque Meta Analítico Consolidado – TEMAC, de Mariano e Rocha (2017), uma técnica que está baseada em três passos para identificar a literatura e realizar uma análise segundo as leis da bibliometria.

Os três passos são: a. preparação da pesquisa; b. apresentação e interrelação dos dados; c. detalhamento, modelo integrador e validação por evidências. No primeiro passo foi definido a palavra chave da pesquisa, assim foi definido o termo “Quality Engineering”. As bases de

dados utilizadas foram *Web of Science*, *Scopus* e *Google Scholar*. Para a pesquisa foi utilizado todo o espaço temporal disponível com uma seleção posterior dos últimos 18 anos e sem definição de áreas de conhecimento.

No segundo passo foram realizadas análises como: a. Quais áreas trabalham com o tema e b. países com maior número de participação. Essas análises seguem a Lei do Elitismo e a Lei do 80/20, essa lei apresenta a elite de um determinado tema (MARIANO e ROCHA, 2017).

Por último, o passo três, que conta com o detalhamento, modelo integrador e validação por evidências traz índices bibliométricos, como a co-citação e o acoplamento bibliográfico, identificando relações entre autores, referências e países (MARIANO e ROCHA, 2017). Para a formação das redes foi utilizado o Vosviewer 1.6.5, que realiza uma leitura dos dados das bases *Web of Science* e *Scopus*, nessa leitura o software analisa algoritmos de clusterização, os separando em grupos de acordo com as vertentes de estudo. A análise foi realizada no dia 16 de setembro de 2017.

A amostra da etapa de compilação dos dados bibliométricos foi de 2982 trabalhos gerados a partir da pesquisa pelo termo de “*Quality Engineering*”. A amostra foi consideravelmente grande devido ao fato de que ela engloba todas as áreas de pesquisa nas bases *Web of Science* (661 trabalhos), *Scopus* (1323 trabalhos) e *Google Scholar* (998 trabalhos). Todas as bases apontavam os Estados Unidos como o país com o maior número de registros de trabalhos sobre o assunto procurado, outros países que se mostravam de importante relevância são países do oriente como China, Taiwan, Japão e Índia. O Brasil, por sua vez, não estava entre os 10 (dez) primeiros.

### 3. Revisão Bibliométrica e Resultados

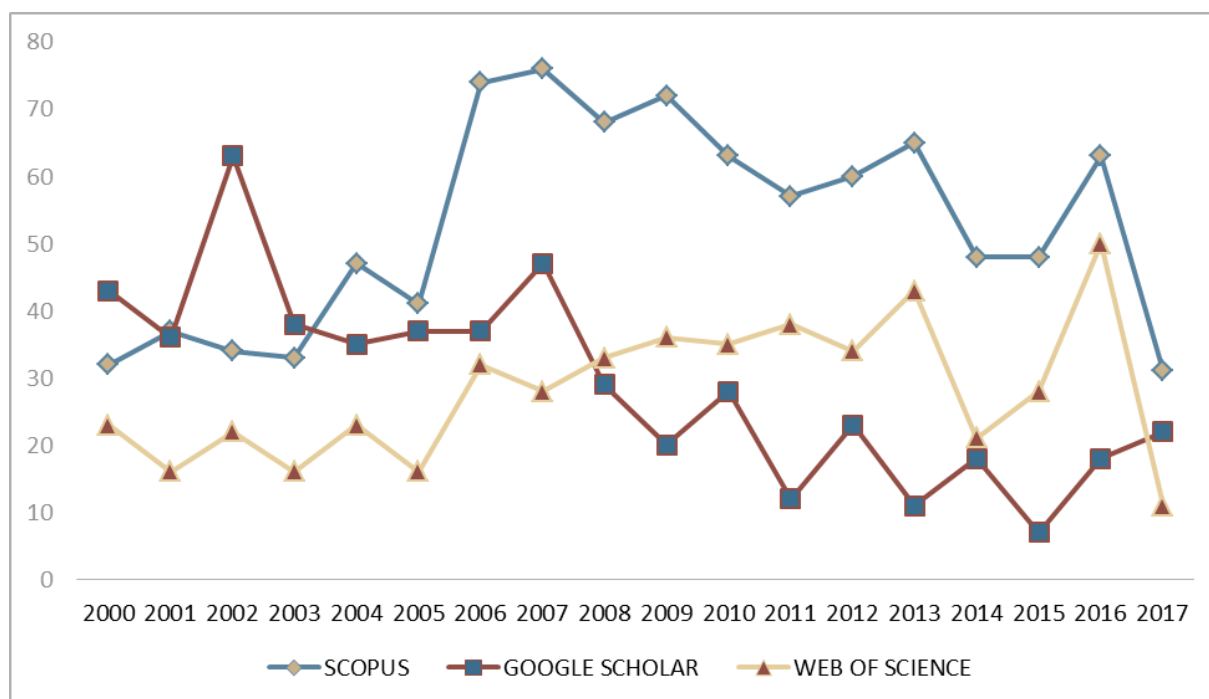
A obtenção de resultados foi pautada por meio de técnicas de bibliometria, que consiste em uma análise estatística da bibliografia (OTLET, 1934). Além disso, para que os resultados ganhassem robustez, foram utilizados os índices bibliométricos de acoplamento bibliográfico e de co-citação. O primeiro gera resultados relacionados às análises das referências utilizadas pelos autores do trabalho em estudo, por outro lado, o índice da co-citação resulta em uma análise das abordagens de pesquisa utilizadas por outros autores, ou seja, de acordo com a dinâmica das citações externas ao artigo em questão (MARIANO e ROCHA, 2017).

A partir da revisão bibliométrica, observa-se que o tema da engenharia da qualidade tem cerca de 2982 trabalhos publicados conforme bases *Web of Science*, *Scopus* e *Google Scholar*, cada um com respectivamente 661, 1323 e 998 trabalhos. De acordo com a base *Web of Science*, o primeiro registro de trabalho foi o de Hulnick, R. A. (1957), que trata sobre o papel da engenharia da qualidade na aquisição e produção de produtos confiáveis. O autor com o maior número de trabalhos é T. N. Goh, com 9 trabalhos publicados, sendo que seus principais registros têm foco na aplicação do Seis Sigma. O trabalho mais citado é o trabalho de Heroux, et al. (2005), que aplica o conceito de engenharia de qualidade na área da engenharia da computação a partir de um projeto com objetivo de dar suporte à um software matemático que objetiva auxiliar na solução de problemas científicos e de engenharia. Observa-se, portanto que, com exceção de Heroux, et al. (2005), os demais autores têm suas publicações que falam a respeito de problemas de controle de qualidade e eliminação de erros, impactando em aumento de confiabilidade que se trata de uma das diretrizes da engenharia da qualidade.

A análise bibliométrica feita pela base *Scopus*, por sua vez, apresenta resultados diferentes com seus 1323 registros de trabalho em engenharia da qualidade. O registro mais antigo da base é o Roming, et al. (1963), onde o autor explora a gestão da engenharia de qualidade de forma a garantir a confiabilidade na produção. Assim como na base *Web of Science*, T. N.

Goh foi o autor com a maior quantidade de trabalhos publicados registrados na base *Scopus*, porém com 14 registros. O trabalho mais citado foi o de Taguchi (2005), que se trata de um livro que contempla diversos tópicos da engenharia da qualidade como função de perda de qualidade, engenharia de qualidade *on-line*, relação sinal-ruído, engenharia robusta e projeto de experiências. Percebe-se, portanto, que as principais publicações sobre engenharia da qualidade, além de conceitos mais amplos como os de Taguchi (2005), estão voltadas à confiabilidade de processos produtivos, o mesmo padrão encontrado na base *Web of Science*.

A pesquisa realizada no Scholar Google apresentou um total de 998 resultados. O registro mais antigo encontrado é de W.W. Eckenfelder (1873), que apresenta a engenharia da qualidade da água, com foco em técnicas para solução de problemas de poluição da água. Genichi Taguchi é autor com maior número de publicações (289), onde apresenta um controle das perdas através do controle estatístico de processos. O autor defende a ideia de que a qualidade deve ser incorporada no produto desde o início do seu ciclo de vida. O trabalho mais citado é o de Zienkiewicz e Taylor (1977), que apresenta o método do elemento finito, método utilizado para soluções de problemas de engenharia, simulando situações. Assim, pode-se perceber que os trabalhos contribuem para a resolução de problemas de diversas áreas, como a saúde e a engenharia. Autores da área de Engenharia da Qualidade, como por exemplo Armand V. Feigenbaum, define a Controle Total da Qualidade como uma abordagem sistêmica para projetar a qualidade em todo produto ou serviço. A figura 1 apresenta os resultados dos totais de publicação ano a ano do ano 2000 até o ano atual para cada uma das bases selecionadas.



Fonte: própria  
Figura 1: Evolução de Publicações no Tempo

Pode-se perceber que o *Scopus* apresenta um comportamento esperado, pois ao ser uma base de dados que aceita artigos em outras línguas a parte do inglês, acaba possuindo maior quantidade de trabalhos do que a *Web of Science* que apenas aceita trabalhos em língua inglesa. Já o *Google Scholar*, apresenta um comportamento diferente ao esperado, uma vez

que Mariano e Rocha (2017), afirmam que se trata da base de dados com maior aceitação em outras línguas. Porém ao analisar os dados, pode-se perceber que muitos dados encontrados em *Google Scholar*, foram descartados por se tratarem de livros e nesta ocasião apenas são selecionados artigos.

Os resultados de máximos, mínimos e médias estão apresentados na tabela abaixo 1\*.

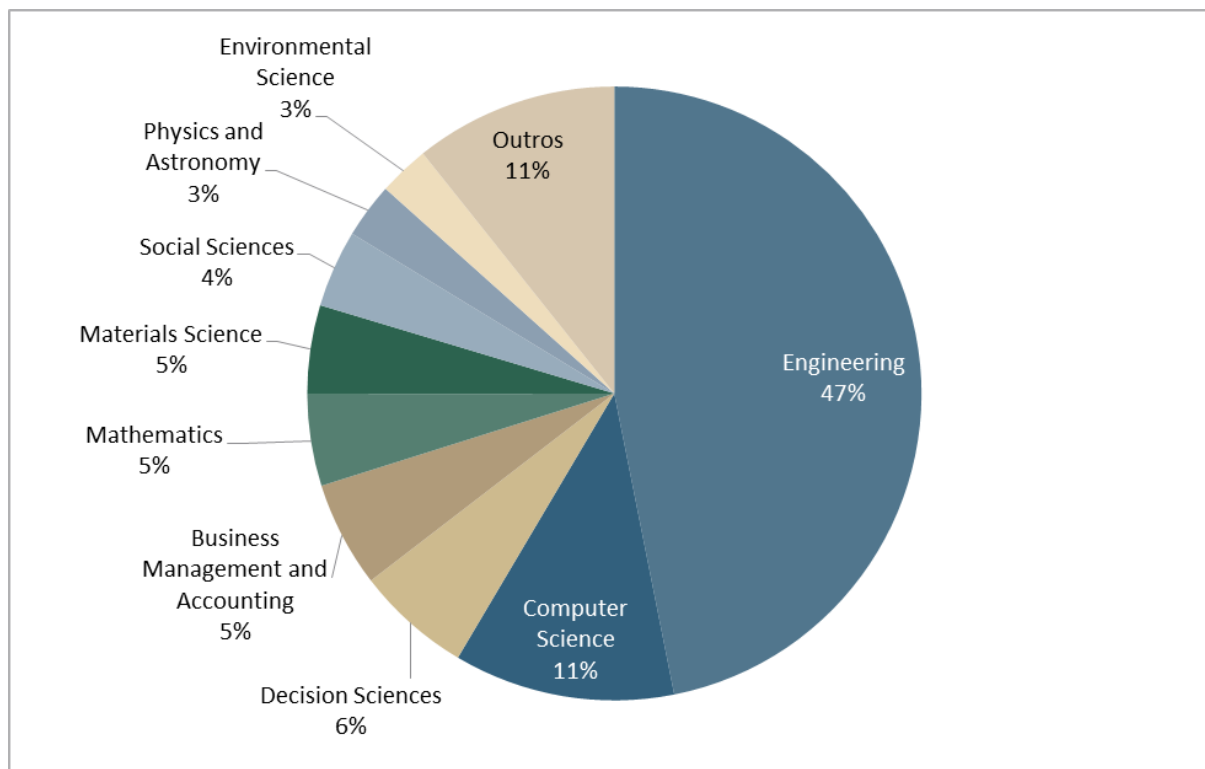
| Item   | Scopus    | Google Scholar | Web Of Science |
|--------|-----------|----------------|----------------|
| Mínimo | 2000 (32) | 2015 (7)       | 2001 (6)       |
| Máximo | 2007 (76) | 2002 (63)      | 20016 (50)     |
| Média  | 54        | 30             | 29             |

Fonte: própria

Tabela 1: Estratificação dos Dados Históricos

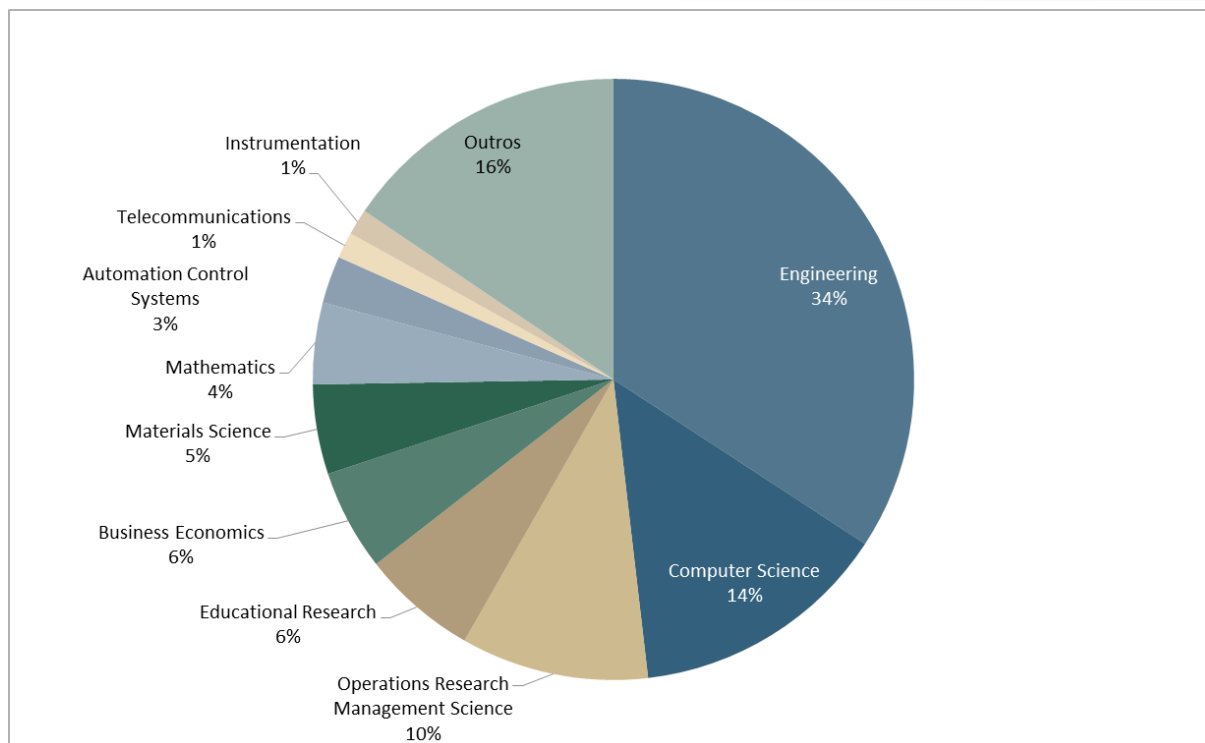
\*Os valores para o ano de 2017 não foram avaliados como máximos, mínimos e médias, dado que o ano corrente ainda pode ter alterações na quantidade de artigos publicados.

As figuras 2 e 3 apresentam as áreas com maior produção científica nas *bases Scopus e Web Of Science* considerando todos os artigos publicados até 2017. Em ambas as bases as áreas de Engenharia e Ciência da Computação são as mais representativas. Áreas como Administração, Ciência da Decisão e Pesquisa Operacional também estão presentes em parte das publicações.



Fonte: própria

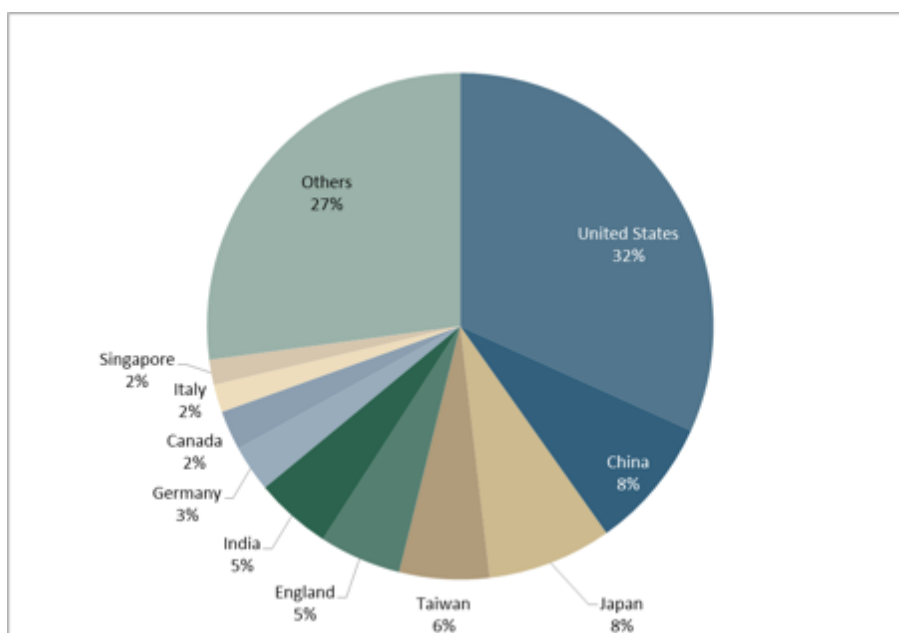
Figura 2: Representatividade das Áreas de Pesquisa (Scopus)



Fonte: própria

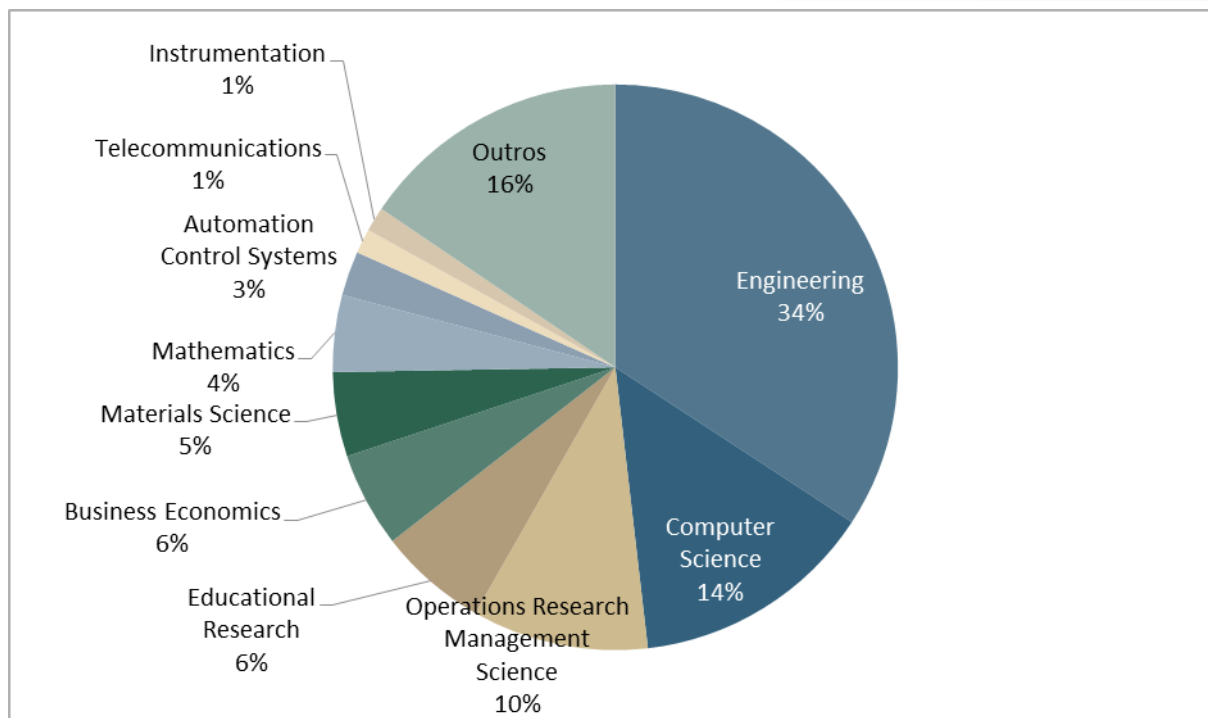
Figura 3: Representatividade das Áreas de Pesquisa (Web Of Science)

Com base nos resultados obtidos no *Scopus* e *Web of Science* identificou-se que grande parte das publicações são originadas dos Estados Unidos e China, representando 40% do total em ambas as pesquisas. Japão, Taiwan, Inglaterra e Índia têm, nas duas bases, considerável representatividade.



Fonte: própria

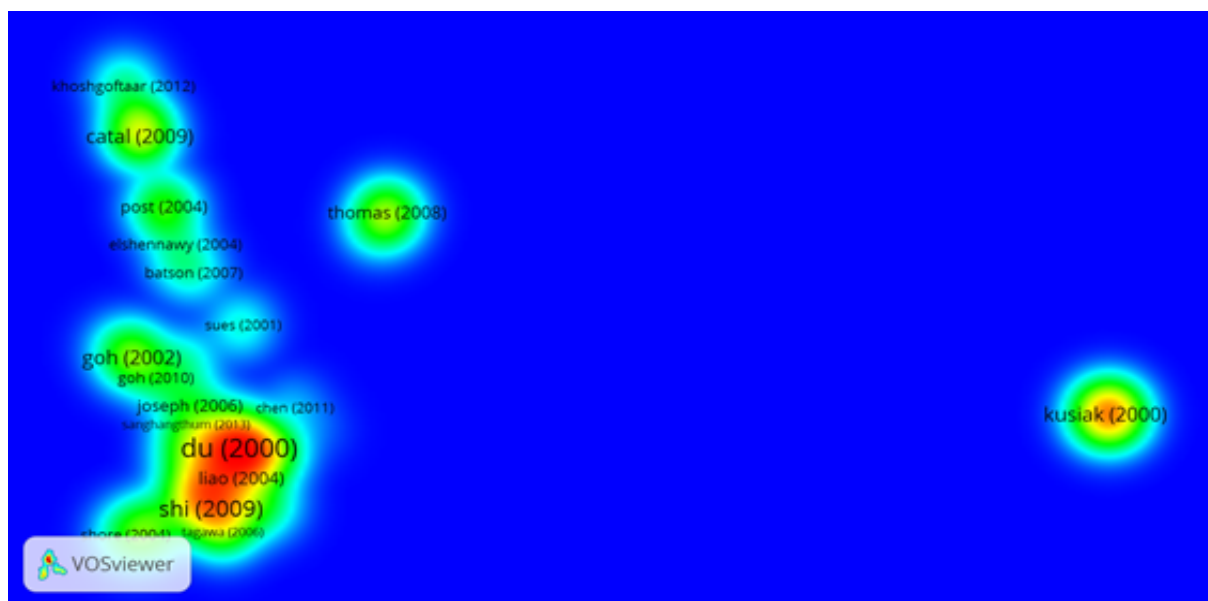
Figura 4: Publicações Segundo País (Scopus)



Fonte: própria

Figura 5: Publicações Segundo País (Web of Science)

A primeira análise por índices bibliométricos foi conduzida por *bibliographic coupling*, com os dados obtidos através da base de dados Web of Science e importados pelo software *VOSviewer*. O mapa de densidade obtido é constituído pela figura 6, sendo ela sendo mostrada abaixo:



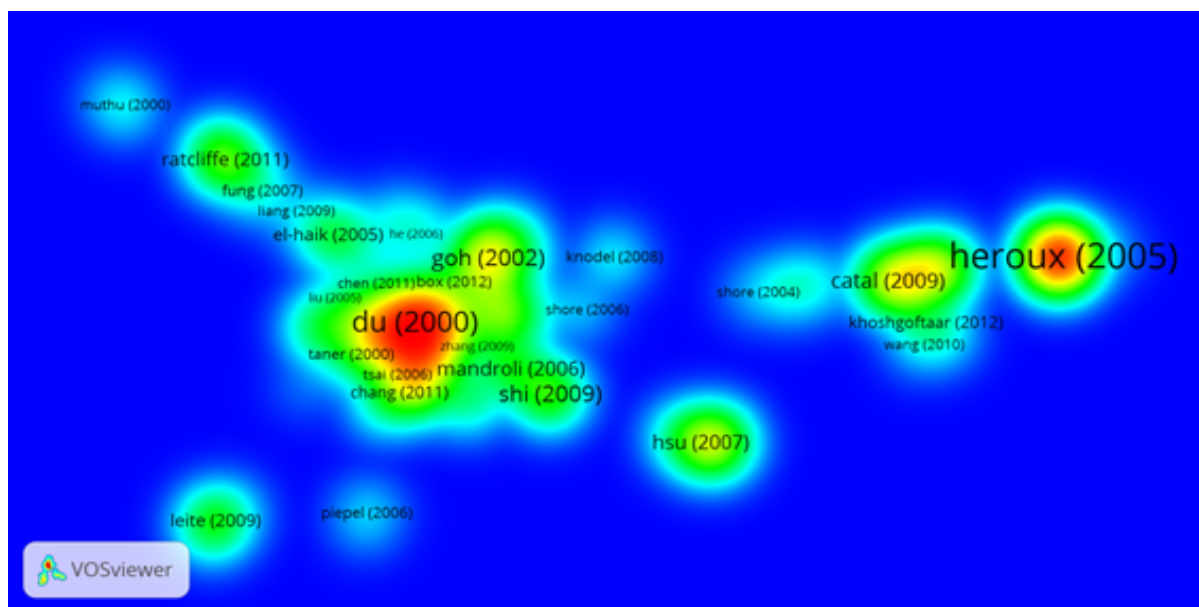
Fonte: própria

Figura 6: Acoplamento Bibliográfico (Web Of Science)

Visualizam-se 2 manchas avermelhadas de concentração na imagem, sendo uma unida e a outra isolada. A mancha localizada a direita centrada em Kusiak (2000) apresenta um estudo

sobre mineração de dados para criação de padrões e aumentar a qualidade de informações e assim evitar problemas em uma fábrica de *wafers*. A mancha localizada à esquerda tem os nomes de Du (2000), que apresenta um estudo probabilístico de otimização e no desenvolvimento de um método de avaliação de engenharia da qualidade e que auxiliam a abordagem Six Sigma e está acoplado com Feng (2001), que apresenta um estudo sobre custo da qualidade fazendo uma ligação entre custo mínimo de fabricação e o nível de produção possível e Shi (2009), que apresenta um estudo sobre metodologias emergentes para abordar questões no controle de qualidade e melhoria de sistemas multi estágios, incluindo modelagem, análise, monitoramento, diagnóstico, controle, inspeção e otimização de projeto.

Observando o estudo de *bibliographic coupling* na base *Scopus*, demonstra-se na Figura 7 a utilização dos autores.

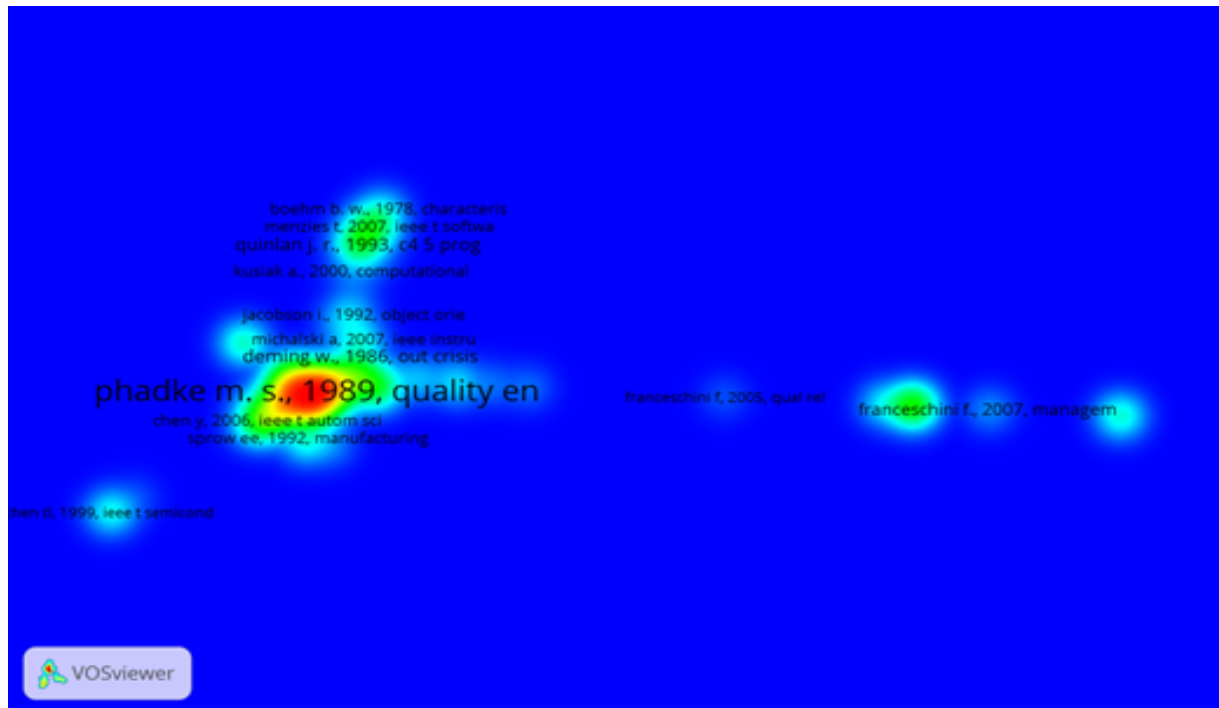


Fonte: própria

Figura 7: Acoplamento Bibliográfico (Scopus)

Visualizam-se duas manchas avermelhadas de concentração, sendo uma unida e a outra isolada. A mancha isolada à direita, centrada em Heroux (2005) apresenta um estudo sobre práticas de engenharia de software de alta qualidade que são cada vez mais exigidas do software de simulação. A mancha à esquerda assim como no gráfico relacionado com a base Web of Science é centrado em Du (2000).

Outra análise feita com as bases dados *Web of Science* e *Scopus* foi o de Co-citação. O mapa de densidade relacionado ao *Web of Science* é mostrado na Figura 8.

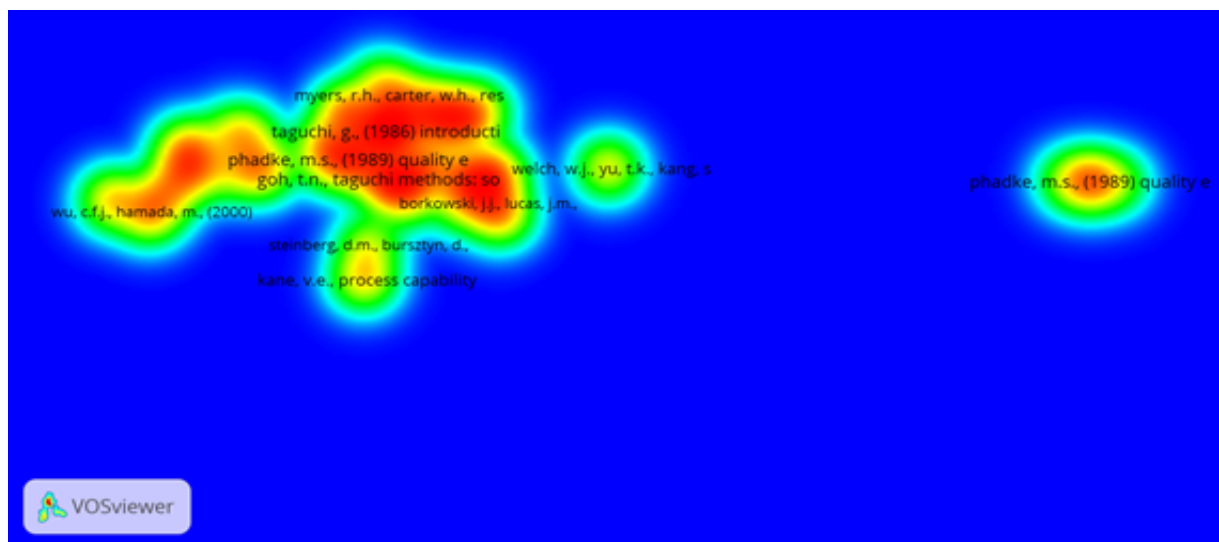


Fonte: própria

Figura 8: Co-citação (Web Of Science)

Neste mapa verifica-se a presença de apenas uma mancha avermelhada, o que significa que os autores são pouco citados conjuntamente. Percebe-se um grande número de citações de Phadke (1989), que apresenta um estudo sobre Design Robusto com foco na melhoria de processos de qualidade.

A figura 9, mostra o mapa de densidade relacionado a base do *Web of Science*.



Fonte: própria

Figura 9: Co-citação (Scopus)

Neste mapa verifica-se a presença de três manchas avermelhadas, representando alguns autores que foram citados conjuntamente. Percebe-se um grande foco nos autores Taguchi (1986) e Phadke (1989) que são autores com foco em Design Robusto.

#### 4. Considerações Finais

O intuito do trabalho foi de realizar um estado da arte dos últimos 18 anos a respeito da Engenharia da Qualidade. Para tanto, utilizou-se da pesquisa bibliométrica para se alcançar resultados alcançados, sendo que dentro da bibliometria foram utilizados os índices de co-citação e acoplamento bibliográfico. Além disso, foi feito um levantamento de dados das bases *Web of Science*, *Scopus* e *Google Scholar* a partir dos seguintes critérios: quantidade de publicações por autor, universidades, países, anos de publicações e áreas de pesquisa.

A partir das análises feitas através das bases Scopus, Google Scholar e Web Of Science, conclui-se que em meados do século XX se iniciou a publicação com a temática da Engenharia da Qualidade e que houve uma alta na produção de trabalhos relacionados ao tema entre os anos 2006 e 2013, com uma queda brusca em 2014 mas com uma potencial retomada se analisarmos os resultados de 2015 e 2016, este último ano sendo o maior valor da base Web Of Science.

Com relação às áreas de pesquisa, temos a Engenharia e a Ciência da Computação como a primeira e segunda em número de publicações, respectivamente, tanto na base *Scopus* quanto na *Web Of Science*. A Engenharia da Qualidade parece ser também tema de relevância para áreas como Administração e Pesquisa Operacional, já que tem considerável contribuição nas publicações do tema.

Quanto ao país de origem das publicações temos os Estados Unidos, como esperado, como um claro primeiro colocado, seguido por um grande número de publicações oriundas da China. Países como Japão, Taiwan, Índia e Inglaterra têm uma grande quantidade de produções, tanto na base *Scopus* quanto na base *Web Of Science*.

Os resultados obtidos pelos índices bibliométricos de acoplamento bibliográfico apontam que o autor Du (2000) está predominantemente presente nas bases *Web of Science* e *Scopus* por meio de trabalhos desenvolvidos em métodos probabilísticos em aplicações de Seis Sigma. Pode-se concluir que há uma similaridade nos trabalhos sobre metodologias de confiabilidade em Engenharia de Qualidade em ambas as bases e a principal referência é o autor Du (2000). A co-citação, todavia, aponta uma predominância, nas duas bases, em Design Robusto, com os autores Taguchi e Phadke sendo as principais referências sobre o assunto.

Assim, o problema desta pesquisa que foi saber quais as principais contribuições na pesquisa científica de alto impacto, os principais países que publicaram e autores relevantes foi respondida. Para futuras linhas de pesquisa aconselha-se a análise detalhada dos estudos encontrando as redes de colaboração.

#### 5. Referências

ABEPRO, 2008. *Referências de conteúdos da Engenharia da Produção*. Disponível em: <<https://www.abepro.org.br/>>.

DU, Xiaoping; CHEN, Wei. *Towards a better understanding of modeling feasibility robustness in engineering design*. *Journal of Mechanical Design*, v. 122, n. 4, p. 385-394, 2000.

FEIGENBAUM, Armand Vallin. *Controle da qualidade total*. Makron Books, 1994.

HEROUX, Michael A. et al. *An overview of the Trilinos project*. *ACM Transactions on Mathematical Software (TOMS)*, v. 31, n. 3, p. 397-423, 2005.

HULNICK, R.A. *THE ROLE OF QUALITY ENGINEERING IN PROCURING AND PRODUCING RELIABLE PRODUCTS*. In: *PROCEEDINGS OF THE INSTITUTE OF RADIO ENGINEERS*. 1957. p. 399-399.

MARIANO, Ari Melo e ROCHA, Máira Santos. *Revisão da Literatura: Apresentação de uma Abordagem Integradora*. In: *AEDem International Conference*. Reggio di Calabria, Italy, 2017.

**OTLET, Paul.** *Traité de documentation: le livre sur le livre, théorie et pratique.* Editions mundaneum, 1934.

**PIGNATIELLO JR, Joseph J.** *Strategies for robust multiresponse quality engineering.* IIE transactions, v. 25, n. 3, p. 5-15, 1993.

**ROMIG, Harry G.** *Quality engineering management implements reliability through production control.* SAE Technical Paper, 1963.

**TAGUCHI, Genichi et al.** *Taguchi's quality engineering handbook.* Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2005.

**ZUPIC, Ivan; ČATER, Tomaž.** *Bibliometric methods in management and organization.* Organizational Research Methods, v. 18, n. 3, p. 429-472, 2015.