

UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO SOBRE MÉTRICAS DE SOFTWARE

Mara Regina dos Santos Barcelos
marabarceloss@gmail.com

Adriana Manzolillo Sanseverino
adrianams@id.uff.br

Carlos Francisco Simões Gomes
cfsg1@bol.com.br

Marcos dos Santos
marcosdossantos_doutorado_uff@yahoo.com.br



Este artigo tem como objetivo realizar um levantamento bibliométrico da produção científica sobre o tema métricas de software, identificando-se a produção de artigos por ano de publicação, principais autores, países, bem como os idiomas mais utilizados, além dos tipos de documentos e as áreas de conhecimento. A pesquisa foi realizada nas bases de dados Web of Science e Scopus a partir dos termos software e metrics. Os resultados demonstram que o tema desperta o interesse dos pesquisadores, sendo 1.083 registros encontrados na base Web of Science e 539 na base Scopus. As conclusões do estudo demonstraram destaque para os Estados Unidos como país que mais publica e, conseqüentemente, o inglês é o idioma mais utilizado. Ciências da computação e Engenharia são as áreas com maior número de publicações. Além disso, o maior número de registros é referente a artigos de conferências. Quanto aos autores, apesar de haver alguns destaques, não há um núcleo definido destes sobre o tema. No Brasil, os resultados ainda são tímidos.

Palavras-chave: Métricas, Software, Bibliometria

1. Introdução

O uso da tecnologia é cada vez mais frequente no ambiente empresarial, além disso, a inovação requer atualização constante. Muitas empresas, independente do ramo de atividade, utilizam *softwares* como ferramentas de apoio às suas atividades, visando aumento da produtividade, controle de processos, gestão de recursos, dentre outras atividades. No Brasil, as iniciativas na área de tecnologia da informação (TI) ocorrem tanto no setor público quanto no privado, sendo que a quantidade de desenvolvedores costuma ser maior em regiões economicamente desenvolvidas (FIGUEIRA FILHO *et al.*, 2015).

Segundo Britto e Stallivieri (2010) a produção de *software* é importante, pois além de ser um instrumento que viabiliza a incorporação do conhecimento em produtos, serviços e sistemas, ele também contribui para a difusão de tecnologias de informação e telecomunicação entre organizações, instituições e a população em geral. Com isso, se faz necessário o uso de técnicas e/ou métodos, como métricas, testes, e/ou tipos de ciclos de vida, que assegurem que um determinado *software* atenda às necessidades das empresas de acordo com as especificações solicitadas pela mesma. Para Pressman (2011) as métricas de *software* fornecem uma maneira quantitativa de avaliar a qualidade do mesmo.

Ao longo dos anos, as métricas têm sido assunto de interesse dos pesquisadores, como por exemplo: Arvanitou *et al.* (2016) classificaram as métricas em sensíveis ou estáveis, de acordo com as alterações ocorridas em versões sucessivas do *software*; ÖZTÜRK (2017) desenvolveu uma abordagem na qual código estático e métricas de qualidade são usados em conjunto para identificar o tipo de métrica adequado na previsão de defeitos, e fornecer informações que auxiliem na obtenção de *softwares* menos defeituosos; Zhu, Cao, e Zhang (2017) apresentaram um modelo de previsão de severidade de vulnerabilidade e modelagem métrica de risco para *software*. Neste contexto, surge o seguinte questionamento: **Quais são os autores, ciclos de produção, áreas de conhecimento, idiomas, países e tipos de documentos com maior número de publicações referentes a métricas de *software*?**

O presente artigo tem o objetivo de fazer um levantamento quantitativo de publicações relacionadas às métricas de *software* fornecendo diferentes tipos de análises comparativas, através de um estudo bibliométrico.

Este artigo está dividido em cinco seções. Além dessa introdução, um referencial teórico sobre métricas de *software* é apresentado na seção 2, a metodologia utilizada é descrita na seção 3, enquanto os resultados são discutidos na seção 4, encerrando com as conclusões do trabalho na seção 5.

2. Métricas de *software*

A medição é definida por Fenton e Bieman (2014) como um processo que converte símbolos ou números aos atributos de uma entidade do mundo real. O processo de medição pode ser realizado tanto no produto, quanto nas fases do processo de desenvolvimento.

O *software* pode ser medido por várias razões: verificar a qualidade do produto ou a produtividade da equipe; formular estimativas; ou ainda, para ajudar a justificar os pedidos de novas ferramentas ou treinamento adicional (PRESSMAN, 2011).

As métricas de *software* são utilizadas com objetivos diferentes, como exemplo, as métricas de produto (também conhecidas como métricas de qualidade) podem ser usadas na fase de desenvolvimento, ou na fase de manutenção, e têm como objetivo medir a qualidade dos sistemas desenvolvidos (SOMMERVILLE, 2011).

Já as métricas de processo são um conjunto de teorias e práticas que permitem realizar uma estimativa de custo, desempenho e cronograma de um projeto, a fim de levantar uma série de indicadores que podem levar à melhoria do processo. (PRESSMAN, 2011). Vários tipos de métricas têm sido utilizados, com objetivos distintos, conforme ilustrado no Quadro 1.

Quadro 1 - Trabalhos relacionados a métricas de *software*

Autores	Ano	Breve descrição do trabalho em relação às métricas
HILTON, R.; GETHNER, E.	2018	Propuseram um método que permite prever a qualidade externa dos módulos do <i>software</i> , correlacionando com métricas internas de qualidade que podem ser coletadas por meio de análise do código-fonte.
KIM, J.; SUNGWON, K.; JONGSUN, A.	2018	Propuseram a métrica de extensibilidade para arquitetura de <i>software</i> (EMSA), que representa o grau de extensibilidade de um sistema baseado em sua arquitetura.
DJEBAR, Y.; KIMOUR, M.; GUERSI, N.	2017	Propuseram uma abordagem baseada na análise e avaliação do processo do produto de <i>software</i> . As métricas são usadas para medir a similaridade entre os sistemas, a fim de racionalizar a linha de produção e promover reutilização.

VENKATARAMAN, S.; AL HUSSEIN, A.; SIDDAPPA, M.	2017	Propuseram 44 tipos de métricas para aumentar a qualidade dos projetos estudiantis na indústria de <i>software</i> na Arábia Saudita.
PLAKIDAS, K.; SCHALL, D.; ZDUN, U.	2017	Usaram métricas para medir a atividade e impacto de ecossistemas de <i>software</i> , baseando-se nos metadados da documentação. Isso permitiu categorizar os participantes do ecossistema, tanto no mercado de <i>software</i> quanto na comunidade de desenvolvedores.

Fonte: Elaborado pelos autores.

3. Metodologia

A pesquisa bibliométrica foi realizada nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*, com acesso através do Portal de Periódicos CAPES, no mês de abril do ano de 2018. O trabalho em questão é descritivo e exploratório, com abordagem quantitativa. A pesquisa foi estruturada da seguinte maneira:

- Revisão bibliográfica: o Portal de Periódicos da Capes foi utilizado para selecionar alguns registros que foram utilizados na fundamentação teórica deste trabalho;
- Levantamento bibliométrico: Foram realizadas pesquisas do tipo avançada nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*, utilizando as seguintes estruturas, respectivamente: $TI=(software^* \text{ and } metrics)$; $TITLE(“software \text{ metrics}”)$. Desta maneira, os registros foram selecionados através da busca dos termos (*software* e *metrics*) nos títulos dos mesmos.

O objetivo do levantamento bibliométrico foi fazer uma análise da produção científica sobre o tema métricas de *software*, considerando os tópicos descritos abaixo, que foram sugeridos por Costa (2010).

- a) Ano de publicação;
- b) Tipos de documentos;
- c) Idiomas;
- d) Principais autores;
- e) Países;
- f) Áreas de conhecimento.

4. Resultados

Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos através das pesquisas realizadas nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*.

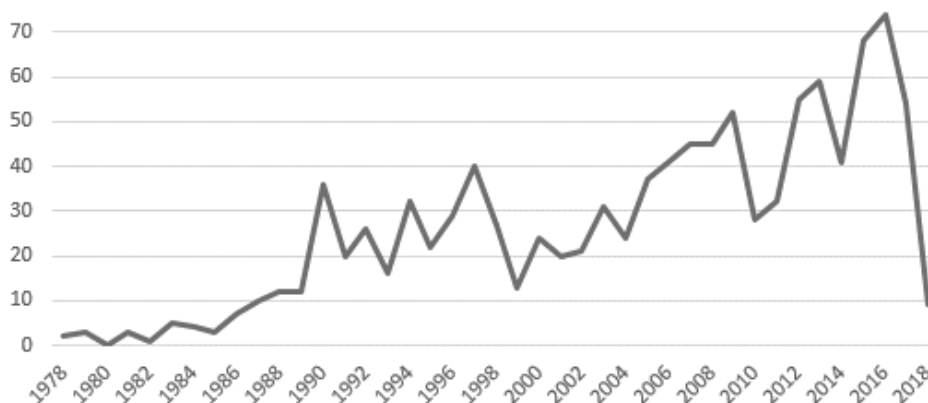
4.1. Pesquisa na base Web of Science

A busca na base de dados *Web of Science* encontrou 1.083 registros, considerando-se o período entre os anos de 1978 a abril de 2018, com apenas 36 registros com acesso aberto.

4.1.1. Ano de publicação

Há uma certa flutuação em relação às publicações referentes a métricas de *software*, conforme ilustrado na Figura 1, contudo, o ano com maior número de publicações é 2016, com 74 registros, visto que referente ao ano de 2018 o número de publicações é parcial, até a data de realização da pesquisa, conforme demonstrado na Tabela 1.

Figura 1 - Publicações no período de 1978 a 2018



Fonte: Elaborado pelos autores a partir da pesquisa na Web of Science, 2018.

Tabela 1 - Distribuição por ano de publicação

Ano	Nº de Publicações	Ano	Nº de Publicações
2000	24	2010	28
2001	20	2011	32
2002	21	2012	55
2003	31	2013	59

2004	24	2014	41
2005	37	2015	68
2006	41	2016	74
2007	45	2017	54
2008	45	2018	9
2009	52		

Fonte: Elaborado pelos autores a partir da pesquisa na *Web of Science*, 2018.

4.1.2. Tipos de documentos e idiomas

Em relação aos tipos de documentos, foram encontrados 700 artigos de conferência (64,63%) e 383 artigos em periódicos. Já em relação aos idiomas, o inglês predomina com 1.073 registros (99,07%), seguidos por 4 registros em português e 3 em espanhol e alemão.

4.1.3. Principais autores sobre o tema

A Tabela 2 apresenta a relação entre o número de publicações pela quantidade de autores, com destaque para um autor (Khoshgoftaar, T.M.) que possui 20 publicações sobre o tema, mas, isso não significa que o mesmo domine a área, pois em relação ao número total de publicações, representa apenas 1,84%. Além disso, é possível perceber que 34 autores possuem 4 publicações sobre o tema. A Tabela 3 traz os autores com maior número de publicações.

Tabela 2 - Relação entre o número de publicações por quantidade de autores

Nº de publicações	Quantidade de Autores
20	1
8	2
7	6
6	7
5	20
4	34
3	30

Fonte: Elaborado pelos autores a partir da pesquisa na *Web of Science*, 2018.

Tabela 3 - Principais autores relacionados ao número de publicações

Autores	Nº de publicações
KHOSHGOFTAAR, T.M.	20

PAUL, R.A.; SCHNEIDEWIND, N.F.	8
GHAFOOR, A.; HARRISON, W.; INCE, D.; LI, W.; SHEPPERD, M.; SHIH, T.K.	7
CHUNG, C.M.; DOHI, T.; HENRY, S.; PFLEEGER, S.L.; WANG, C.C.; WANG, H.J.; WONG, W.E.	6
ALLEN, E.B.; BADRI, M.; CATAL, C.; CONCAS, G.; COUNSELL, S.; EJOGU, L.O.; ETZKORN, L.H.; KAUR, A.; KAUR, K.; KUMAR, S.; LI, B.; MALHOTRA, R.; MARCHESI, M.; MAYRAND, J.; RAMIL, J.F.; RATH, S.K.; SEDIGH-ALI, S.; TELEA, A.; YADAV, D.K.; YAMADA, S.	5

Fonte: Elaborado pelos autores a partir da pesquisa na Web of Science, 2018.

4.1.4. Países com maior número de publicações

A Tabela 4 apresenta o número de publicações por países. Os EUA aparecem novamente com número predominante, totalizando 316 registros, enquanto o Brasil aparece na sétima posição com 42 registros publicados. É importante ressaltar que o número total de registro por países (1.150) é diferente do total de registros encontrados na busca (1.083), pois em alguns registros há autores de países diferentes, com isso, o mesmo registro conta para mais de um país. Os dez primeiros países representam quase 80% das publicações (EUA até Holanda).

Tabela 4 - Relação do número de publicações por países

País	Nº de publicações	País	Nº de publicações	País	Nº de publicações
EUA	316	Portugal	8	América do Sul	2
Índia	107	Egito	7	Emirados Árabes	2
China	71	Eslovênia	7	Argélia	1
Inglaterra	70	Tailândia	7	Argentina	1
Canadá	56	Indonésia	6	Bangladesh	1
Alemanha	48	Irlanda	6	Bósnia	1
Brasil	42	Rússia	6	Bulgária	1
Japão	34	Sérvia	6	República de Chipre	1
Itália	33	Jordânia	5	Estônia	1
Holanda	28	Noruega	5	Cazaquistão	1
Austrália	23	Suíça	5	Kuwait	1
Espanha	23	Chile	4	Letônia	1
Turquia	21	Dinamarca	4	Lituânia	1
Malásia	14	Hungria	4	México	1
Finlândia	13	Israel	4	Montenegro	1
Coreia do Sul	13	Escócia	4	Irlanda do Norte	1
Suécia	13	Bélgica	3	Peru	1

Taiwan	13	Hong Kong	3	Filipinas	1
Nova Zelândia	12	Irã	3	Polônia	1
Cingapura	12	Paquistão	3	Sri Lanka	1
Grécia	11	Eslováquia	3	Tunísia	1
Áustria	10	Ucrânia	3	Venezuela	1
França	10	República Checa	2	Gales	1
Arábia Saudita	10	FED REP GER	2	Iugoslávia	1
Romênia	9	Nigéria	2		
Subtotal	1012	Subtotal	112	Subtotal	26
Total	1150				

Fonte: Elaborado pelos autores a partir da pesquisa na Web of Science, 2018.

4.1.5. Áreas de conhecimento em destaque

A Tabela 5 relaciona o número de publicações por área de conhecimento, com destaque para ciências da computação, com 906 registros, seguido pela área da engenharia com 360 registros. Neste caso o número total de registro por área de conhecimento (1.462) também é diferente do total de registros encontrados na busca (1.083), pois alguns registros se encaixam em mais de uma delas.

Tabela 5 - Relação do número de publicações por área de conhecimento

Área de conhecimento	Nº de publicações
Ciência da computação	906
Engenharia	360
Telecomunicações	63
Economia de negócios	31
Ciência de gestão de pesquisa de operações	21
Sistemas de controle de automação	17
Pesquisa educacional	16
Matemática	14
Ciência da informação bibliotecária	13
Ciência da imagem e fotografia	11
Óptica	10
Total	1.462

Fonte: Elaborado pelos autores a partir da pesquisa na Web of Science, 2018.

4.2. Pesquisa na base Scopus

A pesquisa na base de dados *Scopus* encontrou 539 registros, considerando-se o período entre os anos de 1979 a abril de 2018, com apenas 6 registros com acesso aberto.

4.2.1. Ano de publicação

Os resultados são semelhantes aos da outra base, havendo uma flutuação em relação ao tema abordado, conforme ilustrado na Figura 2, contudo, o ano com maior número de publicações é 2011, com 37 registros, visto que referente ao ano de 2018 o número de publicações é parcial, até a data de realização da pesquisa, conforme demonstrado na Tabela 6.

Figura 2 - Publicações no período de 1979 a 2018



Fonte: Elaborado pelos autores a partir da pesquisa na Scopus, 2018.

Tabela 6 - Distribuição por ano de publicação

Ano	Nº de Publicações	Ano	Nº de Publicações
2000	8	2010	25
2001	9	2011	37
2002	8	2012	31
2003	13	2013	30
2004	13	2014	18
2005	12	2015	35
2006	17	2016	34
2007	17	2017	29
2008	14	2018	6
2009	14		

Fonte: Elaborado pelos autores a partir da pesquisa na Scopus, 2018.

4.2.2. Tipos de documentos e idiomas

Em relação aos tipos de documentos, foram encontrados 327 artigos de conferência (60,66%) e 175 artigos em periódicos, os outros registros são dos tipos: capítulo de livro, livro, revisão de conferência e editorial. Já em relação aos idiomas, o inglês predomina com 529 registros (98,14%), seguidos por 5 registros em chinês, 2 em espanhol, 1 em português, japonês e alemão.

4.2.3. Principais autores sobre o tema

A Tabela 7 ilustra a relação entre o número de publicações pela quantidade de autores, com destaque para dois autores: Khoshgoftaar, T.M. com 16 publicações (mesmo autor predominante da pesquisa na outra base), e Wang, H., com 10. E de maneira semelhante não há como dizer que existe um núcleo bem definido de autores sobre o tema. Além disso, é possível perceber que 31 dos autores possuem 3 publicações sobre o tema. A Tabela 8 traz os autores com maior número de publicações.

Tabela 7 - Relação entre o número de publicações por quantidade de autores

Nº de publicações	Quantidade de Autores
16	1
10	1
7	1
6	2
5	9
4	13
3	31

Fonte: Elaborado pelos autores a partir da pesquisa na Scopus, 2018.

Tabela 8 - Principais autores relacionados ao número de publicações

Autores	Nº de publicações
KHOSHGOFTAAR, T.M.	16
WANG, H.	10
CONCAS, G.	7
NAPOLITANO, A.; TEMPERO, E.	6
ALLEN, E.B.; CHAN, V.K.Y.; COUNSELL, S.; EJIUGU, L.O.; GRAY, A.R.; MATHIASSEN, L.; PRATHER, R.E.; SCHNEIDEWIND, N.F.; WONG, W.E.	5

Fonte: Elaborado pelos autores a partir da pesquisa na Scopus, 2018.

4.2.4. Países com maior número de publicações

Tabela 9 - Relação do número de publicações por países

País	Nº de publicações	País	Nº de publicações	País	Nº de publicações
Estados Unidos	123	Malásia	5	Ucrânia	2
Índia	49	Romênia	5	Bósnia e Herzegovina	1
China	29	Sérvia	5	Bulgária	1
Reino Unido	29	Taiwan	5	Colômbia	1
Canadá	28	Dinamarca	4	Costa Rica	1
Alemanha	25	Egito	4	Croácia	1
Itália	24	Macau	4	Equador	1
Nova Zelândia	17	Suíça	4	Indonésia	1
Brasil	14	França	3	Irã	1
Japão	13	Paquistão	3	Cazaquistão	1
Holanda	13	Cingapura	3	Líbano	1
Austrália	10	Argentina	2	México	1
Espanha	10	Bélgica	2	Montenegro	1
Finlândia	9	Chile	2	Nigéria	1
Suécia	9	Grécia	2	Peru	1
Turquia	8	Portugal	2	Polônia	1
Eslovênia	7	Federação Russa	2	África do Sul	1
Coreia do Sul	6	Arábia Saudita	2	Sri Lanka	1
Áustria	5	Tailândia	2	Arábia Unida	1
Irlanda	5	Tunísia	2	Indefinido	87
Jordânia	5				
Subtotal	438	Subtotal	63	Subtotal	107
Total	608				

Fonte: Elaborado pelos autores a partir da pesquisa na Scopus, 2018.

A Tabela 9 apresenta o número de publicações por países na base *Scopus*. Os EUA aparecem em primeiro lugar mais uma vez, totalizando 123 registros, enquanto o Brasil aparece na nona posição com 14 registros publicados. É importante ressaltar que o número total de registro por países (608) é diferente do total de registros encontrados na busca (539), pois em alguns registros há autores de países diferentes, com isso, o mesmo registro conta para mais de um país. Os dez primeiros países representam quase 65% das publicações (EUA até Japão).

4.2.5. Áreas de conhecimento em destaque

A Tabela 10 relaciona o número de publicações por área de conhecimento, com destaque para ciências da computação, com 435 registros, seguido pela área da engenharia com 152 registros. Mais uma vez, o número total de registro por área de conhecimento (707) é diferente do total de registros encontrados na busca (539), pois alguns registros se encaixam em mais de uma delas.

Tabela 10 - Relação do número de publicações por área de conhecimento

Área de conhecimento	Nº de publicações
Ciência da computação	435
Engenharia	152
Matemática	44
Negócios, gestão e contabilidade	22
Ciência da decisão	19
Ciência Social	10
Física e Astronomia	8
Energia	4
Ciência dos materiais	3
Engenharia Química	2
Ciência Ambiental	2
Medicina	2
Bioquímica, Genética e Biologia molecular	2
Multidisciplinar	1
Neurociência	1
Total	707

Fonte: Elaborado pelos autores a partir da pesquisa na Scopus, 2018.

5. Conclusões

Este estudo teve como objetivo realizar um levantamento bibliométrico das publicações sobre o tema métricas de *software*, a fim de identificar a produção de artigos pelos principais autores, por ano de publicação, áreas de conhecimento em destaque, idiomas e países com maior número de publicações, e tipos de documentos mais publicados.

As pesquisas nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus* revelaram que as publicações sobre o tema estão distribuídas por diversos autores, em vários países, indicando um crescimento da produção científica ao longo do tempo, apesar de haver uma flutuação em alguns períodos.

Nas duas bases o mesmo autor, Khoshgoftaar, T.M., aparece em primeiro lugar, com 20 publicações na *Web of Science*, e 16 na *Scopus*. Mas, ainda assim, não se pode dizer que há um núcleo definido de autores sobre o tema em questão, pois o percentual dessas publicações é pequeno.

Nos resultados apresentados nas duas bases, observando os países com número de publicação classificados até a décima posição, 9 se destacam (EUA, Índia, China, Canadá, Alemanha, Itália, Brasil, Japão e Holanda). Na base *Web of Science* as publicações desses países representam 65% do total, e na *Scopus* aproximadamente 60%.

Observou-se, nas duas bases, que a maioria das publicações encontradas estão escritas na Língua Inglesa, e os Estados Unidos é o país que apresenta maior quantidade de publicações, sendo que a Índia aparece em segundo lugar nas duas bases. E ainda, que o tipo de documento com maior quantidade de registros é artigos de conferências, seguida por artigos de periódicos nas duas bases.

Em relação à área de pesquisa, Ciências da computação e Engenharia apareceram em primeiro lugar, com maior número de publicações nas bases duas bases nas quais as pesquisas foram realizadas.

Apesar de haver investimentos na área de tecnologia da informação (TI) no Brasil, tanto no setor público quanto no privado, o número de publicações sobre o tema ainda é tímido, 42 na base *Web of Science* e 14 na *Scopus*.

Como limitação do estudo pode-se citar que não é possível generalizar os resultados, visto que a bibliometria considerou apenas duas bases de dados (*Web of Science* e *Scopus*). Neste sentido, pesquisas em outras bases podem realizadas como trabalhos futuros, a fim de observar a evolução das publicações sobre o tema métricas de *software*.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio fornecido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

- ARVANITOU, Elvira Maria; AMPATZOGLU, A.; CHATZIGEORGIOU, A.; AVGERIOU, Paris. Software metrics fluctuation: a property for assisting the metric selection process. **Information and Software Technology**, v. 72, p. 110-124, 2016.
- BRITTO, Jorge; STALLIVIERI, Fabio. Inovação, cooperação e aprendizado no setor de software no Brasil: análise exploratória baseada no conceito de Arranjos Produtivos Locais (APLs). **Economia e Sociedade**, v. 19, n. 2, p. 315-358, 2010.
- COSTA, Helder Gomes. Modelo para webibliomining: proposta e caso de aplicação. **Revista FAE**, Curitiba, v. 13, n. 1, jan./jun. 2010.
- DJEBAR, Yacine; KIMOUR, Mohamed; GUERSI, Nouredine. A Feature Model Metrics-Based Approach to Develop a Software Product Line. **International Arab Journal of Information Technology (IAJIT)**, v. 14, n. 3, 2017.
- FENTON, Norman; BIEMAN, James. **Software metrics: A rigorous and practical approach**. CRC Press, 2014.
- FIGUEIRA FILHO, Fernando; PERIN, Marcelo Gattermann; TREUDE, Christoph; MARCZAK, Sabrina; MELO, Leandro; DA SILVA, Igor Marques; DOS SANTOS, Lucas Bibiano. A study on the geographical distribution of Brazil's prestigious software developers. **Journal of Internet Services and Applications**, v. 6, n. 1, p. 17, 2015.
- HILTON, Rod; GETHNER, Ellen. Predicting Code Hotspots in Open-Source Software from Object-Oriented Metrics Using Machine Learning. **International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering**, v. 28, n. 03, p. 311-331, 2018.
- KIM, Jungho; SUNGWON, Kang; JONGSUN, Ahn. EMSA: Extensibility Metric for Software Architecture. **International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering**, v. 28, n. 03, p. 371-405, 2018.
- ÖZTÜRK, Muhammed Maruf. Which type of metrics are useful to deal with class imbalance in software defect prediction?. **Information and Software Technology**, v. 92, p. 17-29, 2017.
- PLAKIDAS, Konstantinos; SCHALL, Daniel; ZDUN, Uwe. Evolution of the R software ecosystem: Metrics, relationships, and their impact on qualities. **Journal of Systems and Software**, v. 132, p. 119-146, 2017.
- PRESSMAN, Roger. S. Engenharia de software: uma abordagem profissional. 7ª Edição. **McGraw Hill**, 2011.
- SOMMERVILLE, Ian. Engenharia de software. 9ª Edição. **Pearson Prentice Hall**, 2011.
- VENKATARAMAN, Saravanan; AL HUSSEIN, Abdullah; SIDDAPPA, Manjunatha. Development of software metrics for improving the quality of the under graduate student projects in computer science/information science/information technology/computer engineering. **IJCSNS**, v. 17, n. 10, p. 212, 2017.
- ZHU, Xiaoling; CAO, Chenglong; ZHANG, Jing. Vulnerability severity prediction and risk metric modeling for software. **Applied Intelligence**, v. 47, n. 3, p. 828-836, 2017.