

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE BIBLIOTECONOMIA E COMUNICAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMUNICAÇÃO E INFORMAÇÃO

Josiane Gonçalves da Costa

**A PRODUÇÃO CIENTÍFICA NACIONAL EM ENGENHARIA À LUZ DA WEB OF SCIENCE:
(1966-2014)**

Porto Alegre

2016

Josiane Gonçalves da Costa

**A PRODUÇÃO CIENTÍFICA NACIONAL EM ENGENHARIA À LUZ DA WEB OF SCIENCE:
(1966-2014)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Informação da Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Comunicação e Informação.

Orientadora: Profa. Dra. Samile Andréa de Souza Vanz

Porto Alegre

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Dr. Carlos Alexandre Netto

Vice-reitor: Prof. Dr. Rui Vicente Oppermann

FACULDADE DE BIBLIOTECONOMIA E COMUNICAÇÃO

Diretora: Prof^a. Dr^a. Ana Maria Mielniczuk de Moura

Vice-diretor: Prof. Dr. André Iribure Rodrigues

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMUNICAÇÃO E INFORMAÇÃO

Coordenadora: Prof^a. Dr^a. Nísia Martins do Rosário

Coordenador substituto: Prof. Dr. Alexandre Rocha da Silva

CIP – Catalogação na Publicação

Costa, Josiane Gonçalves da

A produção científica nacional em Engenharia à luz da Web of Science: 1966-2014 / Josiane Gonçalves da Costa. -- 2016.

158 f.

Orientadora: Samile Andréa de Souza Vanz.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação, Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Informação, Porto Alegre, BR-RS, 2016.

1. Comunicação científica. 2. Bibliometria. 3. Biblioteconomia. 4. Engenharia - Brasil. I. Vanz, Samile Andréa de Souza, orient. II. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

PPGCOM/UFRGS

Rua: Ramiro Barcelos 2705

CEP: 90.035-007 – Porto Alegre, RS

Telefone: (51)3308-5116

E-mail: fabico@ufrgs.br

Josiane Gonçalves da costa

**A PRODUÇÃO CIENTÍFICA NACIONAL EM ENGENHARIA À LUZ DA WEB OF SCIENCE:
(1966-2014)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Informação da Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Comunicação e Informação.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Samile Andréa de Souza Vanz

Aprovada em: 10 de maio de 2016.

BANCA EXAMINADORA:

Prof.^a Dr.^a Maria de Fátima Santos Maia
Universidade Federal do Rio Grande

Prof. Dr. Rodrigo Silva Caxias de Sousa
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof.^a Dr.^a Sônia Elisa Caregnato
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Moisés Rockembach (Suplente)
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

AGRADECIMENTOS

Gostaria de destinar meus agradecimentos, primeiramente à minha orientadora, professora doutora Samile Andréa de Souza Vanz, pelo ensinamento, apoio, atenção, paciência e confiança durante o período do mestrado.

Sou grata também aos colegas e amigos da Biblioteca da Fabico pelo carinho, atenção e compreensão. À equipe da Biblioteca da Escola de Engenharia, meu muito obrigada pelo atendimento de qualidade.

À professora doutora Ana Maria Mielniczuk de Moura pela disponibilidade de coordenar a banca no lugar da professora Samile, que está na Espanha realizando o seu pós-doutorado.

Aos professores doutores Maria de Fátima Santos Maia, Rodrigo Silva Caxias de Sousa e Sônia Elisa Caregnato por fazerem parte da minha banca examinadora de dissertação (e também ao professor doutor Moisés Rockembach pelo aceite em participar da banca como membro suplente).

Às colegas de mestrado, Daniela Queiroz e Sabrina Diehl Menezes pelo companheirismo, troca de informações, lanchinhos pelo Brasil afora, risadas e desabafos. E um agradecimento especial ao colega Gonzalo Rubén Alvarez pela ajuda nos moldes de uma co-orientação, de grande valia para o resultado final.

À UFRGS, pela estrutura e qualidade do ensino, muito obrigada!

Obrigada ao Harry por ser um gato tão fofinho e por me dar a força que eu tanto precisei através do seu olhar verde e brilhante.

E finalmente, meu muito obrigada aos meus pais, amigos e a todos que me auxiliaram durante este período de grande esforço e dedicação.

RESUMO

Esse estudo trata de investigar as características da produção científica nacional em Engenharia através de 95.069 publicações indexadas na base de dados *Web of Science* no período entre 1966 a 2014. Através do método bibliométrico, foram analisados os seguintes indicadores de macro abrangência: evolução temporal da produção científica, idiomas, tipologia documental, periódicos centrais, eventos principais, autores mais frequentes, temas recorrentes e coocorrências. Verifica-se que as publicações nacionais de Engenharia perfazem 1,02% da produção mundial nesta área, e 15,76% da produção científica nacional. Demonstra crescimento anual consistente conforme coeficiente de determinação polinomial de 0,9846. As médias de crescimento anual e quinquenal são, respectivamente, 12,53% e 68,09%, superiores a da Ciência brasileira. Indica como subáreas de Engenharia mais produtivas, a Engenharia Multidisciplinar, Engenharia Elétrica, Engenharia de Materiais e Metalúrgica, Engenharia Nuclear e Engenharia Química. A Engenharia Multidisciplinar além de mais produtiva, também é a subárea com maior média de crescimento anual (20,02%), seguida por Engenharia Civil (15,50%) e Engenharia de Produção (15,06%). O idioma predominante nas publicações é o inglês, com 97,46%. Também reflete a importância quase igual dos trabalhos de evento e artigos de periódico para a comunicação científica da Engenharia e de subáreas como Multidisciplinar e Elétrica. Dentre os 130 periódicos centrais, os dois primeiros são nacionais, classificados em estratos altos do Qualis e posicionados nos menores Quartis do JCR. Contudo, a maioria dos títulos são internacionais, se classificam nos primeiros estratos Qualis, se posicionam nos primeiros Quartis do JCR e se classificam primordialmente nas subáreas de Engenharia Química, Engenharia de Materiais e Metalúrgica e Engenharia Nuclear. Observa que cada autor produziu em média, 3,93 publicações ao longo do tempo e que o autor mais produtivo pertence à área de Química, mas autores brasileiros da área de Engenharia predominam no *ranking*. A análise de coocorrências das subáreas indica que a Engenharia de Materiais é central na rede, influenciando estudos correlatos nas demais subáreas. Dentre as 68 palavras-chave mais significativas, atribuídas livremente pelos autores das publicações, a mais freqüente foi *artificial neural networks*, ou Redes neurais artificiais, termo presente em publicações de todas as subáreas. Verifica-se que houve predomínio temático sobre temas estratégicos como nanotecnologia e biotecnologia, biocombustíveis (bioetanol e biodiesel) e siderurgia. Sugere que o país ainda precisa reforçar a pesquisa em temas que podem consolidar a liderança e competitividade, como recursos hídricos, indústria naval e cabotagem, construção civil, energias renováveis e plásticos. Conclui que a Engenharia encontra-se em franco desenvolvimento no Brasil, com indicativo de internacionalização. O aumento da representatividade mundial da pesquisa brasileira em Engenharia pode conceder ao Brasil num novo estágio de desenvolvimento, mais próximo ao de países desenvolvidos como França, Canadá e Espanha.

Palavras-chave: Produção científica. Comunicação científica. Bibliometria. Engenharia-Brasil.

ABSTRACT

This study investigates the 95,069 Brazilian scientific papers on Engineering indexed by the *Web of Science* database from 1966 to 2014. The following bibliometric indicators of production were analyzed: temporality; language; file format; major journals and proceedings; major authors, keywords and co-occurrence of keywords and Engineering subareas. Brazilian publications in Engineering represent 1.02% of Engineering's world publications and 15.76% of the Brazilian science output. The scientific output in the area shows consistent annual growth, with a polynomial coefficient of determination of 0.9846. The average rates of annual and five-year growth are respectively 12.53% and 68.09%, both being higher than the Brazilian scientific output. The examination of the output by subarea reveals Engineering, Multidisciplinary as the most productive in number of published documents, followed by Engineering, Electrical & Electronic; Engineering, Materials & Metallurgical; Engineering, Nuclear and Engineering, Chemical. Engineering, Multidisciplinary, as well as being the most productive, is the subarea with the highest average of annual growth rate (20.02%), followed by Engineering, Civil (15.50%) and Engineering, Industrial (15.06%). The predominant language for publication is English, with 97.46% of the Brazilian output in the area being written in that language. The typological characteristics of the publications reflects the almost equal importance of the proceeding papers in relation to articles in the area of Engineering and subareas Engineering, Multidisciplinary and Engineering, Electrical & Electronic. Among the 130 core journals, the first two are from Brazil and received high Qualis evaluations, but placed lower positions in the JCR Quartiles. The other journals are from countries other than Brazil, classified in the highest Qualis and positioned in upper JCR Quartiles; the prevalent subareas in these journals were Engineering, Chemical, Engineering, Materials & Metallurgical and Engineering, Nuclear. The analysis of subareas co-occurrence showed that Engineering, Materials & Metallurgical occupies a central position, influencing related studies in other subareas. This interdisciplinary cluster was established between the subareas of Engineering, Electrical, Engineering, Multidisciplinary and Engineering, Naval & Oceanic. The analysis also identified a strong co-occurrence between the following pairs of subareas: Chemical and Nuclear; Materials & Metallurgical and Industrial; Materials & Metallurgical and Civil; Mechanical and Naval & Oceanic; Electrical and Multidisciplinary. Among the 68 most significant keywords freely assigned by the authors of the publications, *artificial neural networks* was the most frequently used in publications of all subareas. The study concludes that the area is rapidly developing in Brazil with significant internationalization, and that the growing importance of the country in the area may raise Brazil into a new stage of development, closer to other countries such as France, Canada and Spain.

Keywords: Scientific Production. Scientific Communication. Bibliometrics. Engineering-Brazil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Surgimento das subáreas de Engenharia	21
Figura 2 – Estrutura da Engenharia no Brasil	39
Figura 3 – Etapas da composição da estratégia de busca da pesquisa	56
Figura 4 – Distribuição mundial da produção científica em Engenharia (1945-2014)	65
Figura 5 – Produtividade por quinquênio da Engenharia brasileira e mundial (1966-2014) ..	67
Figura 6 – Relação da evolução temporal das publicações da Ciência brasileira e de Engenharia (1966-2014)	78
Figura 7 – Dinâmica do crescimento anual das publicações da Ciência brasileira e de Engenharia (1966 a 2014)	80
Figura 8 – Recorte temporal do crescimento das publicações da Ciência brasileira e de Engenharia (1994 a 2014)	82
Figura 9 – Representação simultânea da evolução temporal de PPGs e das publicações nacionais de Engenharia (1998-2014)	84
Figura 10 – Evolução temporal da produção científica nacional em Engenharia por subáreas e por quinquênios (1966-2014)	93
Figura 11 – Proporção da produção científica nacional em Engenharia por subáreas (1966-1975)	94
Figura 12 – Proporção da produção científica nacional em Engenharia por subáreas (1976-1979)	94
Figura 13 – Proporção da produção científica nacional em Engenharia por subáreas (1980-1984)	95
Figura 14 – Proporção da produção científica nacional em Engenharia por subáreas (1985-1989)	95
Figura 15 – Proporção da produção científica nacional em Engenharia por subáreas (1990-1994)	96
Figura 16 – Proporção da produção científica nacional em Engenharia por subáreas (1995-1999)	96
Figura 17 – Proporção da produção científica nacional em Engenharia por subáreas (2000-2004)	97
Figura 18 – Proporção da produção científica nacional em Engenharia por subáreas (2005-2009)	97
Figura 19 – Proporção da produção científica nacional em Engenharia por subáreas (2010-2014)	98
Figura 20 – Dinâmica anual da tipologia das publicações nacionais de Engenharia (1966-2014)	111
Figura 21 – Rede de coocorrência das palavras-chave das publicações nacionais de Engenharia (1966-2014)	135
Figura 22 – Rede de coocorrência das subáreas de Engenharia (1966-2014)	138

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Relação entre os objetivos específicos, indicadores bibliométricos e campos da WoS	54
Quadro 2 – Esquemático da Engenharia brasileira representada pelas 38 WC	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – PPGs brasileiros de Engenharia por nível e por área da CAPES (1998/2014)	42
Tabela 2 – Publicações da Ciência brasileira e de Engenharia distribuídas por ano e por quinquênio (1966-2014)	71
Tabela 3 – Produtividade das subáreas de Engenharia (1973-2014)	85
Tabela 4 – Produtividade por quinquênio das subáreas de Engenharia (1966-2014)	89
Tabela 5 – Idioma das publicações nacionais de Engenharia (1966-2014)	99
Tabela 6 – Idioma das publicações nacionais de Engenharia distribuída por quinquênios (1966-2014)	101
Tabela 7 – Idioma das publicações nacionais por subárea de Engenharia (1966-2014)	103
Tabela 8 – Tipologia das publicações nacionais de Engenharia (1966-2014)	105
Tabela 9 – Tipologia das publicações nacionais de Engenharia distribuída por quinquênios (1966-2014)	108
Tabela 10 – Tipologia das publicações nacionais de Engenharia distribuída por subárea (1966-2014)	113
Tabela 11 – Periódicos centrais utilizados para publicação da produção científica nacional na área de Engenharia (1966-2014)	116
Tabela 12 – Periódicos centrais utilizados para publicação da produção científica nacional na área de Engenharia distribuídos por subáreas (1966-2014)	122
Tabela 13 – Quartil dos 130 periódicos centrais na área de Engenharia distribuídos por subárea (1966-2014)	124
Tabela 14 – Principais Eventos utilizados para publicação da produção científica nacional na área da Engenharia (1966-2014)	126
Tabela 15 – Ocorrência de autores nas publicações nacionais de Engenharia (1966-2014)	128
Tabela 16 – Autores mais frequentes nas publicações nacionais de Engenharia (1966-2014)	129
Tabela 17 – Palavras-chave atribuídas pelos pesquisadores brasileiros na área de Engenharia (1966-2014)	131

LISTA DE ABREVIATURAS

ABENGE	Associação Brasileira de Educação de Engenharia
A&HCI	Arts & Humanities Citation Index
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BRICS	Brasil, Rússia, Índia, China, África do Sul
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
C&T	Ciência e Tecnologia
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
COPPE	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia
CPCI-S	Conference Proceedings Citation Index - Science
CPCI-SSH	Conference Proceedings Citation Index - Social Science & Humanities
CT&I	Ciência, Tecnologia e Inovação
ELETRORÁS	Centrais Elétricas Brasileiras
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FI	Fator de Impacto
FUNTEC	Fundo de Desenvolvimento Técnico-Científico
IME	Instituto Militar de Engenharia
ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica
JCR	Journal of Citation Reports
MIT	Massachusetts Institute of Technology
PETROBRÁS	Petróleo Brasileiro S.A.
PPGs	Programas de Pós-Graduação
PUC-RJ	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
SCI-EXPANDED	Science Citation Index Expanded
SNPG	Sistema Nacional de Pós-Graduação
SSCI	Social Sciences Citation Index
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSCAR	Universidade Federal de São Carlos

UNESP	Universidade Estadual Paulista
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
USP	Universidade de São Paulo
WC	Web of Science Category
WoS	Web of Science

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	12
1.1 <i>Objetivo Geral</i>	16
1.2 <i>Objetivos Específicos</i>	16
2 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA E TEÓRICA	18
2.1 <i>O desígnio da Engenharia para um futuro econômico, social e ambientalmente sustentável</i>	18
2.2 <i>O papel da Engenharia para o desenvolvimento sócio-econômico no Brasil</i>	27
2.3 <i>A Comunicação científica e a Bibliometria</i>	45
2.4 <i>A Comunicação científica na área de Engenharia: um enfoque bibliométrico</i>	49
3 METODOLOGIA	53
3.1 <i>Fonte de coleta de dados</i>	54
3.2 <i>Estratégia de Busca</i>	56
3.3 <i>Coleta, organização e tratamento dos dados</i>	61
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	64
4.1 <i>Evolução temporal da produção científica nacional em Engenharia e subáreas</i>	64
4.2 <i>Idiomas da produção científica nacional em Engenharia e subáreas</i>	99
4.3 <i>Tipologia documental da produção científica nacional em Engenharia</i>	105
4.4 <i>Periódicos centrais utilizados para publicação da produção científica nacional na área de Engenharia (1966-2014)</i>	115
4.5 <i>Principais Eventos utilizados para publicação da produção científica nacional na área da Engenharia (1966-2014)</i>	125
4.6 <i>Autores mais frequentes nas publicações nacionais de Engenharia (1966-2014)</i>	127
4.7 <i>Temas recorrentes da produção científica nacional em Engenharia e coocorrências</i>	130
4.8 <i>Rede de coocorrências das subáreas da produção científica nacional em Engenharia</i> ..	136
5 CONCLUSÃO	142
REFERÊNCIAS	149

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Os produtos da ciência (*outputs*), legitimados por pesquisadores e sociedade e publicados em canais de comunicação científica como periódicos, anais, livros e teses, constituem o *corpus* universal (amplo, complexo e dispendioso) de informação que serve estrategicamente aos governos, agências de fomento e aos diversos organismos comprometidos com políticas nacionais em ciência, tecnologia e inovação (CT&I). A busca por medidas analíticas que expressem eficientemente os insumos e resultados críveis da ciência são a base para definição dessas políticas.

A Bibliometria e a Cientometria se prestam ao atendimento destes anseios, na medida em que fornecem instrumentos para a identificação e análise quantitativa dos padrões comportamentais e tendências das atividades científicas de pesquisadores, instituições e países nas diversas áreas do conhecimento. Na prática, as técnicas bibliométricas são aplicadas principalmente em documentos de ciência, evoluindo para uma denominação de Cientometria (MALTRÁS BARBA, 2003). Mueller (2008) observa que as nações que estabeleceram como meta o aumento da visibilidade no cenário científico internacional investem em infraestrutura de CT&I, capacitando seus pesquisadores para a publicação de *outputs* em veículos de prestígio e alto impacto internacional, indexados pelas principais bases de dados internacionais, como a *Web of Science* (WoS).

Como exemplos de lideranças mundiais na produção científica mundial (representada na WoS) destacam-se os Estados Unidos, o Japão, os países da União Europeia e, nas últimas décadas, a China desafia esta hegemonia juntamente com outras nações em crescente desenvolvimento científico e tecnológico, reunidos sob a sigla BRICS: Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul (GLÄNZEL; DEBACKERE; MEYER, 2008). Este bloco econômico tem investido em formação de uma estrutura estratégica em CT&I como base para seu desenvolvimento sustentável em longo prazo (BORNMANN; WAGNER; LEYDESDORFF, 2015; FAPESP, 2011).

Recentemente, o Brasil tem se sobressaído na América Latina pelo crescimento da sua produção científica, indexada pelas bases de dados internacionais, principalmente nas áreas de Ciências Biomédicas, Física, Ciências Biológicas e Ciências Agrárias, que são

estratégicas segundo um padrão de desenvolvimento bioambiental (FINK et al., 2014). Tal desempenho pode estar associado ao modelo de avaliação dos pesquisadores brasileiros, implementado nas últimas décadas pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pautado inicialmente no julgamento por pares (BALBACHEVSKY, 2005) e posteriormente, no cumprimento de critérios internacionais que estimulam a produção intelectual em periódicos de alto impacto (ALMEIDA; GUIMARÃES, 2014; GLÄNZEL; DEBACKERE; MEYER, 2008; FAPESP, 2011; LETA, 2011; VANZ, 2009). Diante disso, é conveniente que a atividade científica brasileira, financiada integral ou parcialmente por verbas públicas, seja objeto contínuo de investigação (VELHO, 1986), pois apesar do crescimento significativo do número de publicações nacionais indexadas, os resultados de pesquisa são subaproveitados como o motor de avanço tecnológico, competitividade econômica e desenvolvimento social (GLÄNZEL; DEBACKERE; MEYER, 2008; VANZ, 2009; FAPESP, 2011).

Uma disciplina que se destaca no Brasil devido a sua produção científica, finalidade e história é a Engenharia (FAPESP, 2010), área estratégica para o progresso do país, desenvolvida no período pós-guerra, construída sobre os alicerces da tecnologia e condutora por excelência do desenvolvimento geoeconômico através do aprimoramento constante de sistemas complexos como os de energia, transporte, comunicação, produção e estocagem de alimentos, distribuição de água e esgoto, entre outros que beneficiam a sociedade (HOLTZAPPLE; REECE, 2012). A pós-graduação neste campo se fortaleceu a partir de 1975, com o envolvimento da CAPES na elaboração de uma sofisticada estrutura de avaliação da pesquisa nacional, pautada inicialmente no julgamento por pares (BALBACHEVSKY, 2005) e posteriormente, em padrões internacionais (LETA, 2011; ALMEIDA; GUIMARÃES, 2014).

Conforme Guimarães, Oliveira e Prata (2007) o contingente de ingressantes na pós-graduação brasileira na área de Engenharia deve ser quadruplicado para atingir a representatividade de produção científica de China, Japão, Coreia do Sul, Índia, Taiwan, Irã e Turquia, países que historicamente realizam ações robustas em áreas estratégicas como a Engenharia e investem na sustentação dos pilares do desenvolvimento, que são educação e ciência. Estas nações, num primeiro estágio de desenvolvimento, promoveram a manutenção de atividades básicas de pesquisa em tecnologias de larga escala que englobam infraestrutura (com concentração de recursos hídricos, meio ambiente e energia),

substituições de importações (microeletrônica) e modernização do país (tecnologias de informação e comunicação, incremento do setor industrial e biomedicina). Num segundo estágio, avançam as pesquisas na direção de tecnologias personalizadas, de maior impacto na vida humana, baseados nas pesquisas genéticas, no desenvolvimento de pacotes de energia de alta potência, tecnologias limpas, informática extensiva, nanotecnologia, transportes públicos personalizados, alimentos sintéticos e novos cultivares, dispositivos inteligentes; soluções em recursos hídricos; e supersensores (ARANHA et al., 2002; ROCHA NETO, 2011, p. 65). De acordo com o Projeto Brasil 3 Tempos (2006), o país tem condições, até 2022 de intensificar as atividades em CT&I para obtenção de vantagens competitivas, sobretudo em temas estratégicos relacionados à biotecnologia, mecatrônica, energias renováveis, recursos hídricos, indústria e saúde.

A tecnologia contribui para um mundo mais conectado e altera rapidamente os sistemas naturais em todas as escalas. A ciência é impulsionada em direção ao universo micro com macro desafios, onde as estruturas perdem em tamanho e ganham em complexidade e sofisticação, integrando cada vez mais a ciência (em que pesam os aspectos cognitivos da geração do conhecimento) e a tecnologia (viabilidade técnica e econômica da pesquisa). Com equivalente esforço que direciona às nano descobertas, o sistema de CT&I também se debruça sobre as questões mundiais de alto impacto social, tais como: necessidades crescentes por infraestrutura de energia (energias limpas), água, saúde, alimentos, defesa do território, transporte, materiais inovadores, eliminação de resíduos; telecomunicações e outros temas sempre que sempre se fazem atuais e presentes nas pautas das importantes discussões geopolíticas (MOTA; MARTINS, 2008). Estas reflexões fazem parte do escopo científico da Engenharia, cujo avanço perpassa pelo entendimento das necessidades sociais no presente e futuro, o que só é possível mediante imbricada rede de interação entre sistema educacional, empresarial e sociedade, o que é um grande obstáculo para os países que lutam pela diminuição das suas disparidades sociais e econômicas.

No que diz respeito à comunicação científica desta área, as inúmeras demandas empresariais se convertem em investigação científica e conseqüentemente, literatura científica e/ou tecnológicas. Meadows (1999) relata que os engenheiros provavelmente enxergam relatórios industriais, anais de eventos e patentes como fontes proeminentes de

registro científico, suplantando os periódicos. Contudo, alguns temas e projetos em Engenharia considerados de fronteira (projetos com elevado grau de inovação, mas considerados inviáveis para inserção imediata no mercado) podem ter desdobramentos essencialmente acadêmicos em curto prazo e servir de insumo para futuras ideias através da publicação no formato de artigo de periódico ou trabalho de evento.

Neste sentido, a investigação das características da literatura científica nacional em Engenharia pode revelar à sociedade aspectos cognitivos da produção de conhecimento em sua estrutura geral e também por divisões em subáreas, o que pode ser benéfico para análises comparativas sobre o estágio de desenvolvimento das nações. Os resultados obtidos poderão se constituir em fonte de informação para tomada de decisão relacionada à concessão de novos financiamentos e bolsas de pós-graduação. Além disso, modelos para estudos sobre comunicação científica também fomentam a área da Ciência da Informação, pois no cenário atual, competitivo e globalizado, o conhecimento é o principal elemento no sistema produtivo, em que a riqueza advém do acúmulo de conhecimento sistemático para o desenvolvimento de processos organizacionais inovadores a serem usados como vantagem competitiva pelas potências econômicas (FAÉ; RIBEIRO, 2005).

Justifica-se a escolha do tema, principalmente pela escassez, até o presente momento, de estudos atualizados sobre a produção científica brasileira na grande área de Engenharia e subáreas. Por isso, ressalta-se a necessidade de investigar o período de cobertura da WoS para conhecer o período em que iniciaram as publicações e quais foram as subáreas pioneiras a publicar no âmbito da Engenharia. A motivação pessoal para realizar este estudo tem origem nas atividades realizadas com os periódicos do acervo da Biblioteca da Escola de Engenharia da UFRGS durante a graduação em Biblioteconomia. O trabalho de avaliação dos periódicos desta biblioteca foi tema do trabalho de conclusão do curso de Biblioteconomia da UFRGS em 2002. Outro fator determinante é o interesse pelas técnicas da Bibliometria, utilizadas no trabalho de conclusão do Curso de Especialização em Gestão de Bibliotecas Universitárias concluído em 2009, que resultou em dois artigos publicados em 2010 e 2012 (COSTA;VANZ, 2010; COSTA; VANZ, 2012).

A proposição deste estudo também se justifica pela inserção do mesmo dentro da área do conhecimento Ciências Sociais Aplicadas /Ciência da Informação e faz parte das linhas temáticas de investigação: Produção Científica e Estudos de Colaboração e Citação do

Grupo de Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq): Comunicação Científica da Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

A partir dos elementos introdutórios, os problemas de pesquisa se apresentam da seguinte forma: Qual a representatividade da produção científica brasileira na área de Engenharia e subáreas para a Ciência brasileira ao longo do período estudado? O quanto cresceu essa produção? A produção científica indica, a partir das palavras-chave, que aspectos da área de Engenharia estão sendo investigados no Brasil?

1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral da pesquisa é identificar as características da produção científica brasileira na área de Engenharia através das publicações indexadas pela *Web of Science*, até o ano 2014.

1.2 Objetivos Específicos

Com base nos registros fornecidos pela *Web of Science*, os objetivos específicos pretendidos no âmbito da pesquisa nacional em Engenharia e subáreas são:

- a) delinear a evolução temporal da produção científica;
- b) investigar os idiomas da produção científica;
- c) identificar a tipologia documental da produção científica;
- d) arrolar os periódicos mais usados pelos pesquisadores para publicação da produção científica;
- e) identificar os eventos mais usados pelos pesquisadores para publicação da produção científica;
- f) identificar os autores mais frequentes;
- g) Identificar os temas de pesquisa e tecer considerações sobre subáreas de produção científica em Engenharia.

Espera-se que os resultados obtidos possam auxiliar nos avanços da pesquisa nacional na área de Engenharia e subáreas, no aprimoramento do uso de indicadores adequados à realidade da pesquisa brasileira no domínio em questão e também na ampliação dos debates sobre as metodologias empregadas para exploração de dados bibliométricos sobre a produção científica, contribuindo para o avanço da Ciência da Informação.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA E TEÓRICA

Neste capítulo, serão apresentados fatos históricos e conceitos teóricos que embasaram a presente dissertação. Serão abordados tópicos relacionados à Engenharia, à comunicação científica e à Bibliometria.

2.1 O desígnio da Engenharia para um futuro econômico, social e ambientalmente sustentável

A história da Engenharia e da civilização se confundem, pois o uso da técnica para facilitar ações cotidianas remonta aos primórdios da existência humana. Ao descobrir a vantagem mecânica, o homem passou a usar a Engenharia em seu benefício. O uso de um pedaço de madeira como prolongamento do braço ou o arremesso de uma pedra contra um alvo são exemplos de descobertas simples, porém capazes de alterar o modo de vida (OLIVEIRA; ALMEIDA, 2010). As origens da Engenharia enquanto disciplina com bases científicas estruturadas é recente, fortemente associada aos avanços produzidos pela conjugação de ciência e tecnologia no século XVIII. Esta aproximação já se delineava no século anterior, com a ciência cada vez mais afastada da contemplação de base filosófica e mais próxima do conhecimento estruturado, prático e transformador.

O século XVIII marcou o surgimento de várias escolas na área de Engenharia. A primeira escola a apresentar uma estrutura de formação em Engenharia semelhante aos moldes atuais foi a francesa *École Nationale des Ponts et Chaussées*, erguida em 1747 com ênfase na construção, fato que expõe a Engenharia Civil como subárea pioneira no ensino de Engenharia (OLIVEIRA; ALMEIDA, 2010, p. 23). De modo geral, os cursos apresentavam um ciclo básico de dois anos, com disciplinas essenciais, como Matemática e Física, seguidos por um conjunto de conhecimentos direcionados à especialização. A primeira publicação notável sobre a Engenharia moderna que se tem conhecimento foi escrita em 1729, pelo General francês Bernard Belidor batizado com o título de *La science des ingénieurs dans la conduite*

*des travaux des fortifications et des bâtiments civils*¹ (1729-1734). Por dois séculos, esta obra auxiliou na formação de várias gerações de engenheiros.

Também de origem francesa, em 1795 foi fundada *École Polytechnique*, encarregada de preparar os estudantes para o ingresso nas escolas denominadas “de aplicação”, como a *École d’Artillerie*, *École de Ingénieurs Militaires*; *École des Ponts Et Chaussées*, *École des Mines* e *École des Géographes* (AMADEO; SCHBRING, 2012). Segundo Rocha e outros (2007) mais escolas foram originadas nesta época: a Academia Real de Artilharia, Fortificação e Desenho (Portugal, 1790), a Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho (Brasil, 1792), a Academia de *West Point* (Estados Unidos, 1802) e o Instituto Politécnico de Viena (Áustria, 1815).

Apesar da primazia francesa na constituição do ensino da Engenharia com base civil, outros países iniciaram os primeiros cursos da área com origem militar, unindo a formação militar com técnicas de construção civil, sistemas urbanos básicos, mineração e energia. Em vários momentos da História, a tecnologia foi empregada como estratégia de guerra, assegurando a supremacia econômica das potências em conflito.

Na era contemporânea, a Engenharia vai além da construção de artefatos e adquire status de ciência aplicada, constituída basicamente de três elementos: Ciência, Matemática e Economia. Seu principal objetivo é encontrar a solução para problemas técnicos que obstruem o desenvolvimento da sociedade através da conjugação de conhecimentos especializados em determinados tipos de tecnologia (COSTA; NITZKE, 2012; HOLTZAPPLE; REECE, 2012).

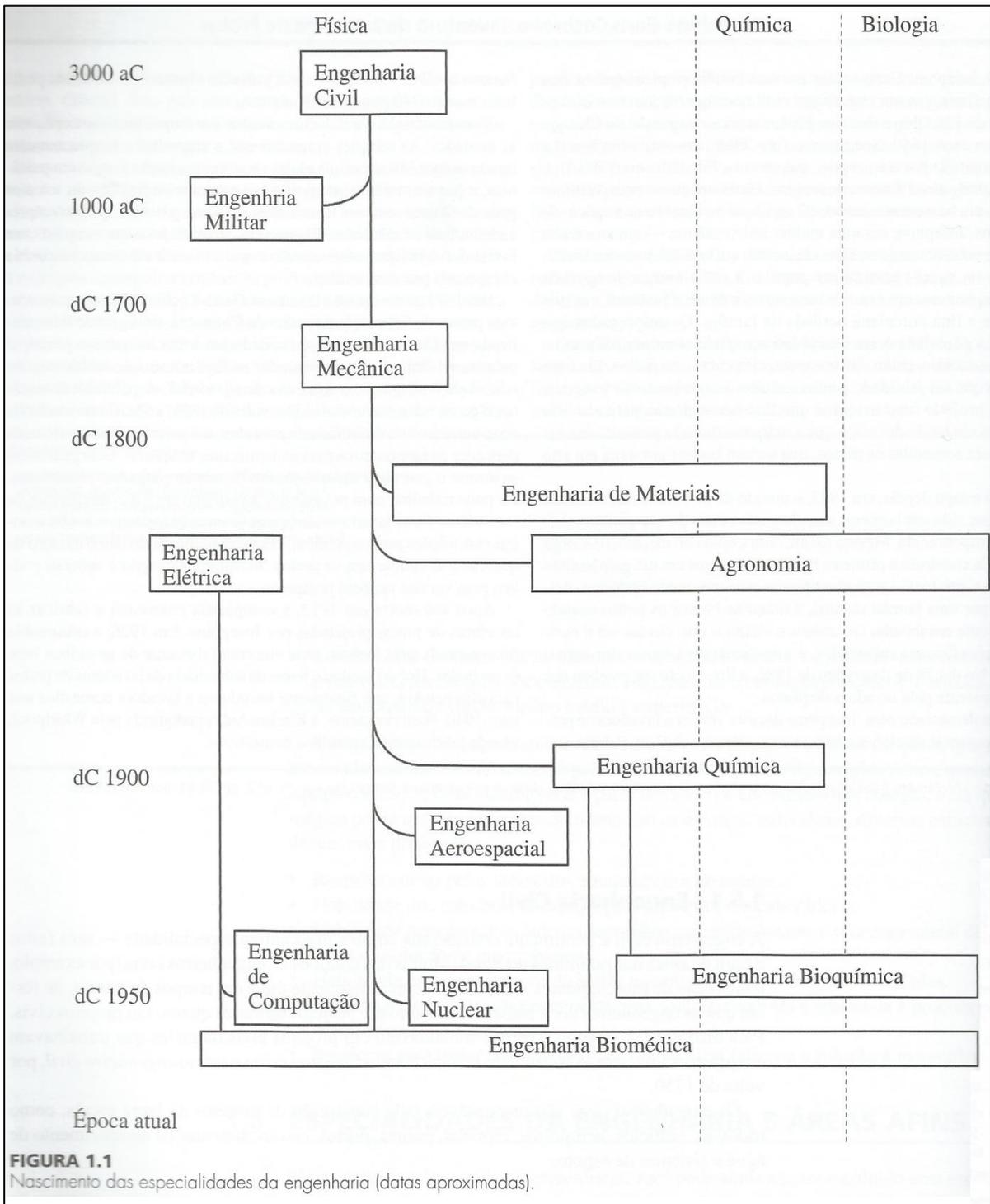
A Engenharia é uma disciplina ampla, de caráter multi e interdisciplinar, tanto no que diz respeito às pesquisas científicas, quanto às atividades profissionais e tecnológicas. A complexidade das estruturas sujeitas à invenção humana, a partir da industrialização no início do século XX e o desenvolvimento da automação e da computação conduziu à Engenharia a subdivisões em subáreas (também denominadas especialidades, modalidades, habilitações ou ramificações), associadas com campos afins ou distintos para o desenvolvimento de novos produtos e processos. Apesar da considerável sobreposição de disciplinas comuns às subáreas, quase todas elas requerem aplicação de conhecimentos de

¹ O título da obra pode ser traduzido como: A ciência dos engenheiros na condução dos trabalhos das fortificações e construções civis.

Matemática, Física e Química. O profissional especialista em alguma subárea, normalmente precisa de conhecimento básico sobre os outros campos, pois os problemas tendem a ser complexos e inter-relacionados. Segundo Oliveira e outros (2013), após a II Guerra Mundial, o surgimento da internet exigiu uma remodelagem da Engenharia tradicional, a qual deixou de se restringir às questões de aplicação tradicional da tecnologia e passou a atuar em searas complexas como, por exemplo, a saúde (alimentos, genética, bioquímica, etc.).

As datas aproximadas do surgimento das principais subáreas de Engenharia são apresentadas no esquema (árvore) de Holtzapfle e Reece (2012, p. 8) na **Figura 1**, adiante. Os autores situam a Engenharia Civil como o berço (tronco) das demais subáreas (ramos) e esclarecem a forte relação de todas com a Física. A Engenharia de Materiais e a Engenharia Química nasceram a partir dos conhecimentos de Física e Química, e mais recentemente, a Biologia também gerou subáreas como a Engenharia Bioquímica, Engenharia Biomédica e Agronomia.

Figura 1 – Surgimento das subáreas de Engenharia



Fonte: Holtzaple e Reece (2012, p. 8)

Acerca das modalidades presentes no esquemático de Holtzaple e Reece (2012), a Engenharia Civil se caracteriza como subárea responsável pelas estruturas e estradas. A concepção de projetos em larga escala, como rodovias, edifícios, aeroportos, represas, pontes, portos, canais, sistemas de abastecimento de água, sistemas de esgoto fazem parte

das suas principais atividades. Para a WoS, os documentos rotulados como Engenharia Civil tratam do planejamento, concepção, construção e manutenção de estruturas fixas e instalações terrestres para a indústria, habitação, transporte, utilização e controle da água e instalações portuárias. Também podem cobrir a pesquisa relacionada aos recursos hídricos e de abastecimento, Engenharia de transportes, Engenharia sísmica, Geotecnia e Engenharia oceânica (WEB OF SCIENCE, 2012).

Dentre os trabalhos pioneiros no ocidente, marcantes para o amadurecimento científico desta subárea, cita-se o *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche, intorno a Due Nuove Scienze* (1638), de Galileu Galilei, abordando a semelhança física, a teoria da resistência dos materiais e a teoria das flexões (PENNERO, 2010). Em 1660, o físico inglês Robert Hooke estabelece um princípio básico (Lei de Hooke) para o estudo da Resistência dos Materiais, fundamental para a Engenharia Civil. Em 1674, Issac Newton e Leibniz estabelecem princípios utilizados na Mecânica dos Solos e dos Flúidos. Em 1678, Joseph Moxon desenvolveu experimentos sobre a hidratação da cal virgem que seria de grande importância na busca de maior resistência ao cimento. Em 1742, o reforço na cúpula da Basílica de São Pedro no Vaticano é considerado o primeiro cálculo estrutural numérico registrado oficialmente (CONFEA, 2010a).

Na antiguidade, os romanos trabalhavam com uma pasta feita de areia, cascalho, cal na qual eram adicionados tijolos de argila e pedras para maior resistência, possibilitando a criação de espaços amplos em forma de arco, abóbadas e cúpulas. Esta tecnologia propiciou construções magníficas como o Coliseu (BASTOS, 2006). Entre 1750 e 1755, durante a reconstrução do Farol de Eddystone na Inglaterra, o engenheiro John Smeaton iniciou experimentos em busca de um material mais resistente que minimizasse os danos naquela construção, decorrentes da ação agressiva do mar. Suas investigações levaram à descoberta de um material com propriedades aglutinantes, que endurece sob ação da água, o cimento resistente foi posteriormente aprimorado e o concreto armado se tornou a maior contribuição para a história da Engenharia Civil (CONFEA, 2010a). John Smeaton se autodenominou o primeiro Engenheiro Civil da história, numa tentativa de fazer uma distinção entre a aplicação dos conhecimentos de Engenharia para fins não militares, um fato comum ao final do século XVIII (OLIVEIRA; ALMEIDA, 2010). Em 1824, o inglês Joseph Aspdin cria o cimento *Portland*, numa alusão à dureza e solidez das rochas da ilha britânica

de mesmo nome. Em 1850 o francês Joseph Louis Lambot introduz ferragens em massa de concreto, surgindo o concreto armado. Em 1920, essa denominação foi substituída por concreto armado (CONFEA, 2010a).

De maneira distinta da Engenharia Civil, a Engenharia Mecânica surgiu durante a Revolução Industrial (1750-1850) a partir da necessidade de maquinário para desenvolver os processos industriais, como motores a vapor, máquinas de costura, esteiras mecânicas e outros. Os conhecimentos inerentes a esta especialidade de Engenharia estão relacionados a estruturas, transferência de calor, materiais e termodinâmica, mecânica dos fluídos, hidráulica, plasticidade e microeletrônica (HOLTZAPPLE; REECE, 2012; WEB OF SCIENCE, 2012).

Dentre as ramificações da Engenharia Mecânica, a Engenharia de Materiais utiliza os conhecimentos da Química para a obtenção de materiais exigidos pela sociedade moderna, tais como as rochas, as reservas de petróleo, os minérios metálicos e não metálicos, o plástico, etc. Também se ocupa da ciência básica por trás das propriedades dos materiais, como a robustez, resistência e condutividade. Desta especialidade se originaram a Engenharia de Minas, a Engenharia Metalúrgica e a Agronomia (HOLTZAPPLE; REECE, 2012). Os tópicos relevantes incluem cerâmicas, compósitos, ligas, metais e metalurgia, nanotecnologia, materiais nucleares e adesivagem (WEB OF SCIENCE, 2012).

A eletricidade está presente na natureza e o seu potencial sempre atraiu o interesse do homem. A eletricidade modificou os rumos da Engenharia e o papel do engenheiro nos processos de industrialização da sociedade moderna, através das suas principais funções: transmissão de potência e transmissão de informação (HOLTZAPPLE; REECE, 2012; TELLES, 1993). A Engenharia Elétrica (considerada a maior subárea por congregar maior número de engenheiros no mundo) investiga fenômenos eletrostáticos, elétricos, magnéticos, eletromagnéticos, imagem e processamento de sinais. Também estabelece relações interdisciplinares com a Física e a Química, compreendendo pesquisas e projetos nos setores de energia, automação, robótica, microeletrônica, tecnologia de microondas, instrumentação e telecomunicações (BATTAGLIN, 2010; HOLTZAPPLE; REECE, 2012; WEB OF SCIENCE, 2012). A Engenharia da Computação compartilha de muitos interesses com a Elétrica, pois surgiu de uma evolução desta subárea (HOLTZAPPLE; REECE, 2012). A invenção do transistor em 1947 revolucionou a área da Eletrônica, ampliando as possibilidades de

aplicação de circuitos eletrônicos complexos. Em 1959 foi criado o *chip*, dispositivo responsável por reduzir o tamanho dos circuitos e pela origem da microeletrônica. Somente em 1971, a Intel lançou o primeiro microprocessador comercial, impactando de forma irreversível no modo de vida da sociedade moderna. As articulações entre a eletrônica e as telecomunicações são responsáveis atualmente por grande parte do desenvolvimento econômico das nações (CONFEA, 2010b).

A Engenharia Química surgiu da integração de duas especialidades: a Engenharia Mecânica e a Química Industrial para conversão química de matéria-prima em produtos refinados. Também lida com projetos operacionais para eficiência e rentabilidade em usinas. Caracteriza-se pelo conceito de operação unitária (peça individual de um equipamento ou processo, que no caso desta especialidade pode ser o reator químico, trocador de calor, bomba, compressor ou coluna de destilação). O primeiro curso de Engenharia Química foi oferecido pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) em 1988. A Engenharia Bioquímica é uma ramificação emergente da Engenharia Química onde processos biológicos são combinados com a Engenharia Química tradicional para tratamento de resíduos e produção de alimentos e medicamentos (HOLTZAPPLE; REECE, 2012; TELLES, 1993; WEB OF SCIENCE, 2012).

Os projetos pioneiros da aviação militar no início do século XX deram origem à Engenharia Aeronáutica, que depois avançou para Engenharia Aeroespacial. Os temas de interesse incluem desde a concepção e construção de aeronaves, veículos espaciais, mísseis, satélites, instrumentação e unidades de energia até o lançamento, vôo, e gestão de unidades na atmosfera da Terra ou no espaço. Dialoga com a Engenharia Mecânica e com a Engenharia de Materiais e Metalúrgica (WEB OF SCIENCE, 2012). As primeiras utilizações de aeronaves como armamento de ataque se deram durante a I Guerra Mundial (Primeira Grande Guerra (1914-1918), contudo, foi a partir da II Guerra Mundial (1939-1945) que a Engenharia Aeronáutica passou a ser decisiva como estratégia para vencer as guerras modernas. Este fato ficou mais evidente após o ataque japonês à base naval de Pearl Harbour (final de 1941), evento que conduziu a potência norte-americana à criação da Força Aérea do Exército Americano (FORJAZ, 2005). Após a II Guerra Mundial, os Estados Unidos e a União Soviética aprimoraram as experiências da Alemanha com foguetes em seus programas de armamentos para exploração espacial. O governo soviético foi pioneiro no

lançamento de satélites ao espaço (1957) e como resposta ao sucesso soviético, foi concebida em 1958, a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) nos Estados Unidos, responsável pelo envio do homem à lua, em 1969 (CARLEAL, 1999).

A busca pela conquista do espaço dependia do aumento da capacidade de propulsão dos motores dos foguetes espaciais e do controle dos reatores. Este fato contribuiu para que a Engenharia Nuclear conquistasse sua autonomia enquanto subárea de Engenharia, dissociando-se da Engenharia Química no período pós-guerra, com o desenvolvimento das primeiras usinas nucleares e também da bomba atômica. A Engenharia Nuclear é o ramo da tecnologia que aplica o processo de fissão nuclear para geração de energia. Ela se ocupa do ilimitado potencial energético que existe dentro dos átomos e a cada dia, novas técnicas atômicas são aplicadas em diversos setores da sociedade, possibilitando a execução de tarefas impossíveis de serem realizadas pelos meios convencionais. A medicina, a indústria (especialmente a farmacêutica, alimentícia) e a agricultura são as áreas mais beneficiadas pela pesquisa nesta subárea (CARDOSO, 2003; HOLTZAPPLE; REECE, 2012; WEB OF SCIENCE, 2012).

A Engenharia Biomédica é uma especialidade recente que se originou da combinação de subáreas tradicionais como Engenharia Mecânica, Engenharia Elétrica, Engenharia Química e Engenharia de Produção para a resolução de problemas de Medicina e Fisiologia Humana, como a biomecânica aplicada (desenvolvimento de próteses), o monitoramento médico (implante de materiais, como chips e dispositivos no corpo humano), e a produção de órgãos artificiais (TELLES, 1993; HOLTZAPPLE; REECE, 2012; WEB OF SCIENCE, 2012).

Como relatado anteriormente, a gama de possibilidades de desdobramentos da Engenharia são infinitos e a cada novo ciclo de desenvolvimento tecnológico, novas demandas são exigidas. A Engenharia de Produção não possui origem nas áreas constituintes como a Física, a Química e a Biologia (e por isso não consta no esquemático de Holtzaple e Reece (2012), mas constitui a sua base nos conhecimentos matemáticos que são comuns a todas as Engenharias. A base tecnológica desta área é composta pelo conjunto de entendimentos de gestão relacionados às áreas de produção, qualidade, economia, produto, estratégia organizacional, conhecimento, meio ambiente, pesquisa operacional, ergonomia e segurança no trabalho (OLIVEIRA; BARBOSA; CHRISPIM, 2005), demonstrando a ampla capacidade da Engenharia em transitar por várias disciplinas. Surgiu nos Estados Unidos no

período de 1882 a 1912 com a denominação de Engenharia Industrial, a partir de uma obra elaborada por um grupo de engenheiros denominada *Scientific Management*, introduzida em várias empresas através de consultores que se auto-intitulavam engenheiros da indústria. Em 1911, Frederick Winslow Taylor, engenheiro mecânico norte-americano publicou uma obra mais abrangente e importante para a Engenharia Industrial, denominada *The Principles of Scientific Management*, no qual propõe eficiência e eficácia operacional aos sistemas integrados de produção (FAÉ; RIBEIRO, 2005, p. 324).

Apesar dos grandes feitos históricos de Engenharia, não era hábito do engenheiro relatar formalmente os resultados do seu trabalho, principalmente no setor da construção, onde o produto final geralmente era algo concreto ou de pouca abstração, valorizado pela imponência estrutural. Com o passar do tempo, a concretude do resultado foi insuficiente para expressar o amadurecimento da pesquisa em Engenharia, o que levou à institucionalização da profissão do engenheiro-pesquisador nos grandes centros de produção industrial no século XX, causando o desdobramentos da Engenharia em subáreas, cada qual com seu corpo teórico e suas urgências de comunicação formal escrita. Por isso, num primeiro momento, os pesquisadores usaram a literatura técnica e posteriormente, a literatura científica para comunicar os resultados considerados de fronteira (VELHO, 1997). Entretanto, o desenvolvimento científico da Engenharia nos últimos séculos, responsável por elevar a qualidade de vida das sociedades capitalistas também custou o desgaste de recursos naturais disponíveis no planeta, explorados ao máximo. Apesar desta visão reducionista, não há como negar que este paradigma provocou grandes realizações na área, especialmente nos séculos XIX e XX. O século XXI registra a transição mundial em direção a uma abordagem global sistêmica para a Engenharia, pautada na estrutura em rede, na conscientização para os princípios do desenvolvimento sustentável e também na gestão de recursos renováveis, suportados pelas tecnologias apropriadas (QUADRADO, 2013).

Tanto as inovações tecnológicas, quanto o desenvolvimento de criação e manutenção da infraestrutura produtiva de um país requer contingentes de engenheiros qualificados, considerados “corpo inteligente” do segmento industrial. Independente do grau de desenvolvimento de uma nação, o domínio de tecnologia de ponta nos setores industriais é premissa para criar novos postos de trabalho que exigem maior nível intelectual. A sociedade contemporânea vive a economia do conhecimento, em que as

fontes principais de produtividade e poder abandonam as antigas características físicas e adquirem particularidades abstratas de intelectualidade. Como menciona Castells (2009, p. 50), trata-se de uma “sociedade integrada em redes globais de instrumentalidade, que é capitalista e informacional, considerada a sua diversidade” onde o ato de criar novos produtos capazes de conquistar rapidamente o mercado é uma arma estratégica para as corporações. Assim, progresso técnico-científico se confunde com novas formas de produzir, gerir e consumir, ou seja, com novas formas de vida (NUNES, 1994, p. 42).

2.2 O papel da Engenharia para o desenvolvimento sócio-econômico no Brasil

O surgimento e o desenvolvimento da Engenharia no Brasil estão atrelados, não só ao amadurecimento tecnológico e industrial e relações internacionais, como também às condições econômicas, políticas e sociais vivenciadas ao longo da história do país e do mundo. No período colonial (1530-1815), o país contava com um sistema educacional incipiente, desprovido de infraestrutura para além das atividades controladas pela Igreja. A chegada da família real Portuguesa no Brasil em 1808, motivada pelas invasões francesas modificou este cenário através da criação dos primeiros cursos convencionais de Engenharia e Medicina, cujos egressos constituíram a primeira geração de cientistas brasileiros (SCHWARTZMAN, 2001, p. 217). Ainda em 1696, Dom Pedro II, rei de Portugal, instituiu na Bahia a Escola de Artilharia e Arquitetura Militar para a formação de engenheiros militares.

Quase um século depois, as condições necessárias para o ensino efetivo foram estabelecidas, pois a instituição dependia do envio de recursos básicos de Portugal, como livros. Em 1792, Dona Maria I, atenta às questões de proteção à colônia, ordenou a construção da Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho no Rio de Janeiro, repetindo o modelo português de ensino de disciplinas, formadoras da base da Engenharia brasileira (ALMEIDA; BORGES, 2007; TONINI, 2013). Como seria natural, as obras iniciais de sistemas básicos necessários para o estabelecimento e governança da Coroa Portuguesa na colônia (vulnerável aos ataques inimigos) foram iniciadas com engenheiros europeus que depois ensinaram suas técnicas aos militares brasileiros, reduzindo assim, os custos com a especialização importada.

No final de 1810, D. João VI assinou uma lei, instituindo a Academia Real Militar, erguida no centro do Rio de Janeiro como o primeiro prédio brasileiro dedicado ao ensino superior de Engenharia. Esta instituição é a raiz do atual Instituto Militar de Engenharia (IME), responsável pela formação de engenheiros em diversas habilitações. Em 1858 passou a se chamar Escola Central, permitindo aos civis o acesso ao curso de Engenharia Civil, tamanha a necessidade de profissionais locais para erguerem a infraestrutura. Em 1874, mudou o nome para *Escola Polytechnica do Rio de Janeiro*, agregando outras especialidades de Engenharia e atendendo apenas alunos civis. Em 1965, ganhou a denominação de Escola de Engenharia da UFRJ, retomando o nome antigo de Escola Politécnica da UFRJ, em 2003 (MESQUITA, 1981). Esta entidade consolidou uma visão mais generalista do ensino de Engenharia no Brasil, desvinculado do controle militar e serviu de referência para a criação de escolas subsequentes, como a Escola de Minas de Ouro Preto (1876) e a Escola Politécnica de São Paulo (1893), ambas preocupadas em integrar ensino e setor produtivo. Em 1899, foram criados os primeiros laboratórios de apoio à indústria paulista, ainda em processo de formação (AGOPYAN; OLIVEIRA, 2005). Na sequência, de acordo com Rocha et al. (2007) foram criadas a Escola de Engenharia de Pernambuco (1893), Escola de Engenharia Mackenzie (primeira escola particular, criada em São Paulo em 1896), Escola de Engenharia de Porto Alegre (atual Escola de Engenharia da UFRGS, criada em 1896), Escola Politécnica da Bahia (1897), Escola Livre de Engenharia (atual UFMG, 1911), Faculdade de Engenharia do Paraná (1912), Escola Politécnica de Pernambuco (1912), Instituto Eletrotécnico de Itajubá (1913), Escola de Engenharia de Juiz de Fora (1914), e Escola Nacional de Engenharia (1937).

Na primeira metade do século XX, o Brasil vivenciou um período de forte incentivo à pesquisa tecnológica. Em 1931, Getúlio Vargas assina o Decreto nº 19.851, instituindo o Estatuto das Universidades Brasileiras e delineando um modelo para as universidades públicas brasileiras, onde a Engenharia figurava entre uma das cinco unidades da organização do sistema vigente nesse período junto com Direito, Medicina, Educação, Ciências e Letras. Nesta época, as primeiras universidades brasileiras iniciaram a pós-graduação, através do sistema de cátedras, compondo seu corpo docente com professores estrangeiros (em muitos casos, asilados europeus). A iniciativa de pequenas dimensões, entretanto, não impactou o ensino superior brasileiro, pois fora do ambiente acadêmico, os títulos eram pouco reconhecidos (BALBACHEVSKY, 2005). Na década de 40, o país já contava

com 10 escolas de Engenharia (SCHWARTZMAN, 2001) e uma grande reserva de minério ferro, matéria-prima que impulsionou a industrialização brasileira no ramo da siderurgia (NUNES, 1994).

Desde os anos 50, o setor de C&T se institucionalizou a partir de iniciativas governamentais de construção e expansão de sua estrutura nacional. Esta época é marcada pelo surgimento e posterior consolidação de instituições e órgãos fundamentais de alta tecnologia para a constituição do sistema nacional de C&T, como o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a CAPES, ambos em 1951; e também órgãos fundamentais de alta tecnologia como o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES, 1952), Petróleo Brasileiro (Petrobrás, 1953) e Centrais Elétricas Brasileiras S.A (Eletrobrás, 1962).

As relações entre Brasil e Estados Unidos, fortalecidas durante a II Guerra, expandiram as iniciativas em tecnologia militar no Brasil, a exemplo do modelo institucional e conceitual de ensino de Engenharia dos Estados Unidos, desenvolvido no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Em 1941, oficiais engenheiros do recente Ministério da Aeronáutica projetaram elevar o país a um estágio de desenvolvimento econômico além do agrícola, com base na inovação tecnológica. Para isso, era necessário qualificar os recursos humanos instituindo um centro de pesquisa que tivesse como núcleo, uma escola de Engenharia com a mesma base científica do MIT, de forma a assegurar o desenvolvimento auto-sustentado do setor da aeronáutica, espacial, informática e microeletrônica, com frutos que se estenderiam em médio prazo, ao parque industrial brasileiro e às atividades da aviação civil (FORJAZ, 2005). Em 1950, surge o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), tido como revolucionário no ensino superior de Engenharia no país e, sobretudo, na construção do imaginário tecnológico brasileiro (BOTELHO, 1999).

Segundo Oliveira et al. (2013), até 1950 havia 16 Instituições de Educação Superior no país com oferta de 62 cursos de Engenharia (ou 48, considerando que a partir de 2010 as habilitações de um mesmo curso passaram a ser consideradas como cursos independentes, o que elevou o número de cursos de 48 para 62). À medida que os estados brasileiros se desenvolviam economicamente, passavam a oferecer mais cursos de Engenharia. Ao final da década de 50, o país contava com 28 Escolas de Engenharia, com concentração nos estados do Sudeste.

Até 1961, a maior parte dos investimentos governamentais esteve concentrada no sistema elementar de serviços, mas a necessidade de ampliar em mais de 50% a capacidade geradora de energia elétrica instalada no Brasil redirecionou estes recursos para a siderurgia. Os institutos e centros de pesquisa tecnológica espalhados pelo país eram os elos de uma rede de cooperação entre universidades locais e o setor produtivo. Em 1964, o BNDES em parceria com o CNPq, criou o Fundo de Desenvolvimento Técnico-Científico (Funtec) que injetou muitos recursos em pesquisa e ensino, em nível de pós-graduação, nos ramos de Engenharia, Física, Química, Agronomia, Matemática e Geologia (SCHWARTZMAN, 2001).

O projeto de governo para o desenvolvimento econômico do país, iniciado na década anterior também motivou transformações no cenário da educação superior brasileira. No início da década de 60, a porcentagem de Escolas públicas para o ensino de Engenharia era em torno de 80%, porém, eram as Escolas privadas (em torno de 20%) que ofereciam a maior quantidade de cursos de Engenharia por instituição. Na década posterior, este resultado se inverte, ou seja, existiam mais Escolas de Engenharia privadas, porém as públicas ofereciam mais cursos (OLIVEIRA et al., 2013).

Em 1961, através da Lei de Diretrizes e Bases (LDB), instituiu-se os currículos mínimos para cada modalidade de curso superior. Um ano depois, o Conselho Federal de Educação fixou os currículos mínimos dos cursos de Engenharia Civil, Mecânica, Elétrica (ênfase em Eletrônica ou Eletrotécnica), de Minas, Metalúrgica, Química e Naval. O avanço no setor educacional deu início a um movimento de implantação de cursos de mestrado acadêmico em diversas áreas do saber, tamanha a urgência em preencher o mercado com profissionais qualificados, com formação condizente à nova realidade. As primeiras subáreas a organizar os programas de pós-graduação (PPGs) nesta década foram Engenharia Eletrônica (1961), Engenharia Elétrica, Engenharia Química (ambas em 1963), Engenharia Mecânica (1964), Engenharia Civil (1965), Engenharia de Produção (1967), Engenharia Nuclear e Engenharia de Materiais e Metalúrgica (1969). Coube ao ITA, em 1961, o pioneirismo na pós-graduação *stricto sensu* segundo o modelo norte-americano de ensino, com base em créditos em disciplinas, mestrado e doutorado. Esta instituição foi responsável pela formação de mestres nas áreas de Engenharia Aeronáutica, Eletrônica e Mecânica, em Física e em Matemática. O

primeiro título de mestre no Brasil partiu do ITA em 1963 em Engenharia Eletrônica, e o primeiro título de doutor, em 1970 (ALMEIDA; BORGES, 2007; BOTTURA, 2013).

Caso semelhante ocorreu em 1963, na Universidade do Brasil (futura UFRJ), que também aproveitou o volume alto de recursos disponíveis pelo Funtec/BNDES e seguiu o modelo norte-americano, estruturando o curso de mestrado em Engenharia Química, que se tornaria o cerne da Comissão Coordenadora dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia (COPPE-UFRJ). Partindo da Química, a COPPE expandiu-se pelos terrenos da Engenharia Nuclear, Biomédica (primeiro curso de mestrado, em 1971), Engenharia Mecânica, Metalurgia, Engenharia Civil, Engenharia da Produção e Administração de Negócios. O primeiro título de mestrado em Engenharia Química foi outorgado em 29 de janeiro de 1964, e o primeiro título de doutorado em Engenharia Civil, em 1970. Contudo, a iniciativa de formar profissionais em Engenharia altamente especializados no Brasil não gerou os resultados desejados, pois segundo Schwartzman (2001), os alunos que persistiram na obtenção dos seus diplomas acabavam atuando na área acadêmica e não no setor industrial.

Em 1963, através da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ), tem início o primeiro curso de mestrado em Engenharia Elétrica. Neste mesmo ano, surgiu o mestrado em Engenharia de Minas na Escola Politécnica da USP; em 1964 criou-se o curso de mestrado em Engenharia Mecânica e, em 1965, o curso de mestrado em Engenharia Civil. Neste mesmo ano, foi apresentada a primeira dissertação de mestrado em Engenharia Mecânica (ALMEIDA; BORGES, 2007). Em 1965, motivado pela iniciativa destas instituições, Newton Sucupira estruturou o parecer 977, ressaltando o mérito do modelo norte-americano de pós-graduação, reconhecido pelo Ministério da Educação como um nível diferenciado de ensino estabelecendo linhas de continuidade entre mestrado e doutorado. Neste ano, o país já contava com 38 PPGs, sendo 27 mestrados e 11 doutorados (BALBACHEVSKY, 2005).

Em 1966, a profissão do Engenheiro foi aprovada por Lei (nº 5.194), justificando ainda mais o surgimento de novos cursos de graduação e pós-graduação. Em 1967, a PUC-RJ e a Coppe/UFRJ criam os primeiros cursos de mestrado em Engenharia de Produção. A Coppe também institui em 1967 o mestrado em Engenharia Naval. Um fato interessante sobre a Engenharia de Produção é que sua pós-graduação surgiu antes da graduação,

tamanho a demanda do setor produtivo (CONFEA, 2010c). Desde então, vários PPGs surgiram na área de Engenharia através da concessão de auxílios e bolsas do CNPq, CAPES e apoio da Finep para instalação de laboratórios e melhorias na infra-estrutura (ALMEIDA; BORGES, 2007, p. 332): o mestrado em Ciência dos Materiais e em Engenharia Nuclear do IME (1969), mestrado em Engenharia Biomédica, em 1971 pela Coppe/UFRJ e mestrado em Engenharia Sanitária em 1972 pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Ao final da década de 60, o Brasil já contava com recursos humanos de nível médio e graduação, mas precisava de pessoal qualificado em nível de mestrado e doutorado que pudessem criar tecnologia brasileira de ponta. Assim, a pós-graduação no país, que era incipiente, se fortaleceu avançando em quatro estágios principais, segundo Almeida e Borges (2007): 1) titulação dos docentes das universidades; 2) regulamentação para criação e reconhecimento dos cursos em nível de mestrado e doutorado; 3) avaliação do desempenho do sistema de pós-graduação; 4) desenvolvimento da pesquisa na universidade. Através da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), instituição criada em 1967 para substituir e ampliar as funções do BNDES, o sistema de pós-graduação pôde ser implantado e consolidado nas universidades brasileiras, principalmente na área de Engenharia (NUNES, 1994; SCHWARTZMAN, 2001; ALMEIDA; BORGES, 2007; BNDES, 2012). Além da pesquisa, os efeitos da reforma também ecoaram no ensino privado, fornecendo condições para ampliação de vagas com viés profissionalizante.

Ainda no final dos anos 60, a LDB de 1961 foi reformulada. A Reforma Universitária de 1968, introduziu o sistema de créditos nos cursos de graduação e forneceu subsídios à ampliação da qualidade dos PPGs, restabelecendo a conexão entre ensino e pesquisa que havia se perdido e auxiliando na formação de novas gerações de pesquisadores. Segundo Schwartzman (2001), o governo se propôs a traçar estratégias no sentido de articular desenvolvimento científico, tecnológico e econômico para a formação de uma robusta estrutura de ciência básica. Para as forças armadas, o desenvolvimento da pesquisa científica resultaria na garantia do acesso a tecnologias como a informática, a tecnologia aeroespacial e a energia nuclear (BALBACHEVSKY, 2005).

A década de 70 foi marcada pela necessidade de aprimoramento na infraestrutura de apoio à indústria, fato que mobilizou os setores energéticos e de transportes, educação, além da diversificação da indústria petroquímica (NUNES, 1994). Em 1972, o Conselho

Nacional de Pesquisa assumiu papel central no Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, cujo objetivo era fomentar programas a pesquisa no setor privado e nas chamadas economias mistas. Em 1975, este órgão foi modificado e ampliado, passando a se denominar Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, o CNPq (BALBACHEVSKY, 2005).

A linha de atuação do CNPq se concentrava no emprego da avaliação de projetos de pesquisa, mas não de PPGs, que cada vez mais, ganhavam prestígio no cenário nacional pela qualidade dos trabalhos desenvolvidos. Em 1975, o Brasil contava com 429 programas de mestrado e 149 de doutorado (BALBACHEVSKY, 2005). Neste sentido, a CAPES – agência do Ministério da Educação encarregada das bolsas para estudantes de pós-graduação – organizou, em 1976, o primeiro processo de avaliação dos PPGs, centrado na avaliação (por comitês de área) da produção científica dos pesquisadores vinculados aos programas (BALBACHEVSKY, 2005). Ainda segundo a autora, “[...] a atividade desses comitês teve consequências importantes para o processo de institucionalização dos campos de conhecimento e para a construção da comunidade científica brasileira.” (BALBACHEVSKY, 2005, p. 282).

Como consequência aos incentivos para o ensino superior na década de 70 e a promissora colocação no mercado de trabalho, a área de Engenharia se destacou, gerando um aumento descuidado de cursos. Diante disso, o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA) aprovou uma resolução para discernir as atividades e competências das diferentes subáreas de Engenharia. Em 1976 o Conselho Federal de Educação (CFE) propôs uma regulamentação para a organização curricular desses cursos e definição das habilitações. Assim, na ocasião, as seis subáreas de Engenharia que foram definidas como principais habilitações: Engenharia Elétrica, Engenharia Civil, Engenharia Mecânica, Engenharia Metalúrgica, Engenharia de Minas e Engenharia Química. Como esta resolução permitia que as habilitações fossem ampliadas conforme a necessidade, em 1977 foram criadas as habilitações para Engenharia Industrial e Engenharia de Produção. No ano de 1994, foram criadas habilitações para Engenharia Ambiental, Engenharia de Alimentos e Engenharia de Controle e Automação (CONFEA, 2010b).

A expansão no número de cursos de graduação e o crescimento da pós-graduação brasileira na década de 70, fez com que os centros de pesquisa no país se afastassem do

meio acadêmico, o que segundo Agopyan e Oliveira (2005) prejudicou as universidades, especialmente as Escolas de Engenharia, que perderam os seus laboratórios de apoio e a interação com o setor produtivo. Em contrapartida, os institutos perderam sua referência acadêmica. No final dos anos 70, os governos do mundo todo foram obrigados a rever suas políticas econômicas em virtude do segundo choque do petróleo, fato que abalou a economia global.

Nos anos 80 o crescimento econômico brasileiro arrefeceu em virtude da crise fiscal, do aumento da inflação e da dívida pública, conduzindo à estagnação em termos de desenvolvimento. A década de 80 foi marcada pelo clamor social pelo retorno democrático. E como não podia deixar de ser, a crise atingiu o sistema de ensino superior do país. Entretanto, neste período, o país ganhou espaço na agenda das grandes economias mundiais através da concepção de projetos de grande porte como Itaipu Binacional, Ponte Rio-Niterói, Rodovia Transamazônica e usinas nucleares, marcando uma fase de valorização dos cursos de Engenharia, já que a profissão passa a ser uma das mais bem remuneradas no mercado nacional, mostrando que em épocas de crise, os países precisam continuar investindo em áreas estratégicas (ARANHA et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2013; TONINI, 2013).

Nos anos 90, o fenômeno da Globalização promoveu a retomada do crescimento no Brasil, que passava por crises políticas. Em 1995, a *Internet* foi liberada comercialmente no país, revolucionando a sociedade como um todo. As primeiras iniciativas de conexão brasileira à rede mundial de computadores ocorreram em 1988, por meio da conexão entre a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e um laboratório de Física nos Estados Unidos. Logo em seguida, em 1992, o governo federal criou uma robusta infraestrutura de cabos para recepção do link internacional, espalhados pelas principais capitais do Brasil, distribuindo o acesso para Universidades, Centros de Pesquisa e órgãos governamentais (VIEIRA, 2003).

Conseqüentemente, o sistema de ensino foi amplamente questionado, pois não atendia mais às necessidades atuais do mercado de trabalho, pautadas pela rápida evolução tecnológica. A Associação Brasileira de Ensino de Engenharia (ABENGE) liderou os debates no sentido de propor diretrizes curriculares nacionais para os cursos de graduação em Engenharia atualizadas à realidade. Em 1996 houve nova reformulação curricular do sistema educacional vigente, que dentre outras coisas, flexibilizou o currículo; deu enfoque a uma

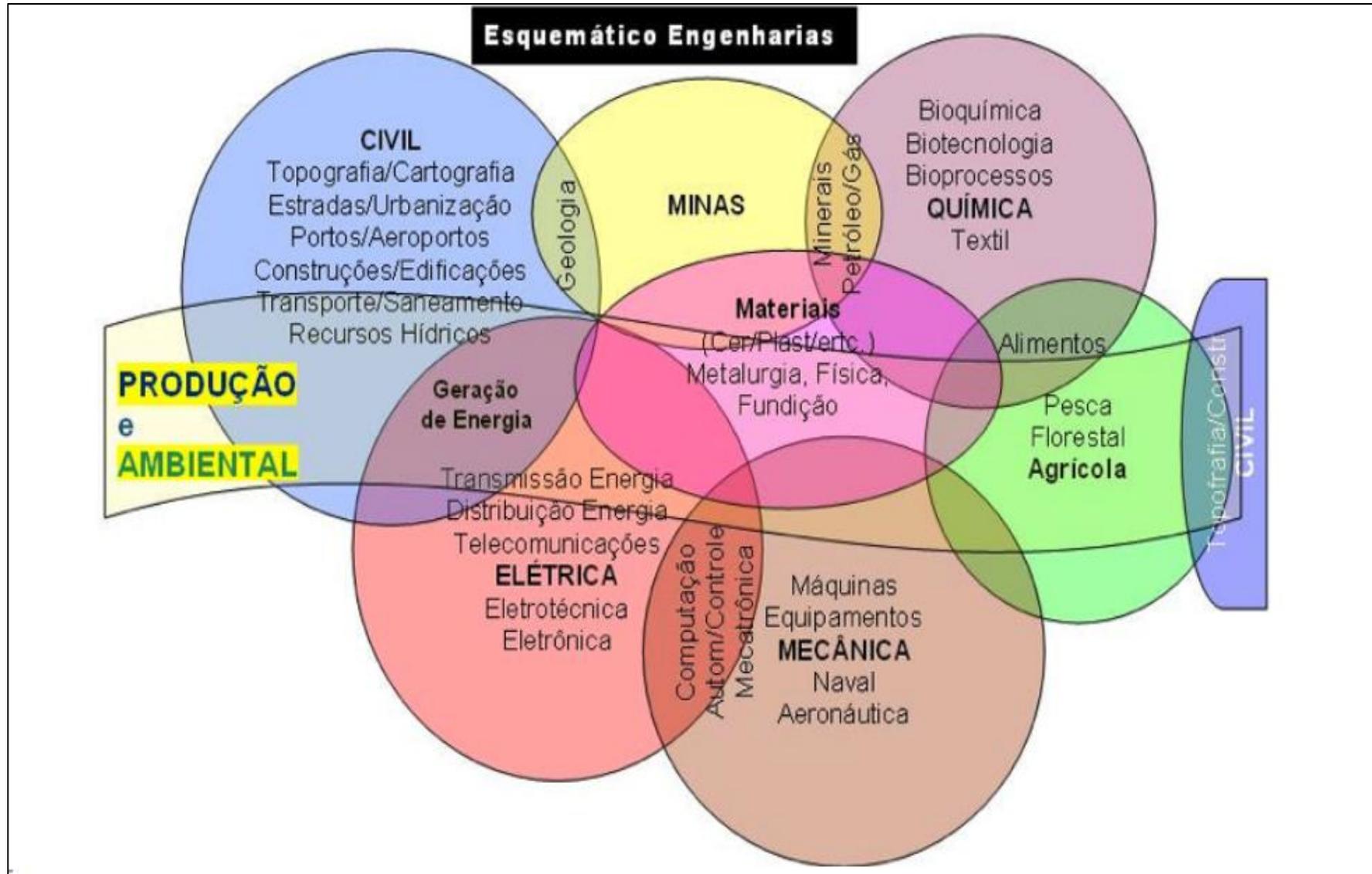
visão científico-profissional humanística, abrangente e aplicada; estimulou o raciocínio crítico/analítico, o trabalho em equipe e a educação continuada/permanente do estudante, permitindo maior mobilidade no mercado de trabalho; compôs um sistema articulado/integrado da pós-graduação (OLIVEIRA; ALMEIDA, 2010). Estas mudanças serviram ao desenvolvimento de áreas como a Engenharia, fundamentadas na tecnologia, onde os ciclos de inovação são muito curtos.

Entre 2000 e 2009, os cursos de Engenharia obtiveram uma expansão mais pronunciada do que a do ensino superior brasileiro como um todo devido à instituição de Diretrizes Curriculares Nacionais (2002) para os cursos de graduação em Engenharia, cuja abordagem ajustou à formação profissional às exigências do mercado de trabalho numa configuração mundial globalizada em detrimento do caráter puramente técnico (GUSSO; NASCIMENTO, 2014). Entre 2010 e 2012 ocorreu uma aceleração da procura pelos cursos desta área, principalmente em 2011.

Na **Figura 2**, a seguir, pode-se verificar um esquema proposto por Oliveira et al. (2013), representando a estrutura atual da área de Engenharia no Brasil. Foi construído com base nos enfoques: estrutural, representado pela Engenharia Civil e Elétrica; insumos e matérias-primas, eixo representado pela Engenharia de Minas, Agrícola e Materiais. Nos dois enfoques se articulam fenômenos (físicos e químicos), da natureza (mecânica e química) que se transformam em produtos e empreendimentos, com fluxos de projeção, construção, gestão, utilização, obsolescência e descarte. A Engenharia de Produção e Ambiental dialoga com todas as outras modalidades e se inserem no contexto estratégico e orgânico dos produtos e empreendimentos de Engenharia.

Os autores atestam que apesar do incremento na quantidade de habilitações de Engenharia e dos novos enfoques, a área preserva sua identidade e apresenta sua natureza nas relações entre as mesmas.

Figura 2 – Estrutura da Engenharia no Brasil



Fonte: Oliveira et al. (2013, p. 44)

A sociedade em rede favoreceu os avanços científicos, estreitando as fronteiras geográficas de acesso ao conhecimento, conduzindo a pós-graduação a um crescimento significativo, a partir de 1998. Os egressos da graduação se sentiam motivados a continuar os estudos em áreas mais especializadas de Engenharia. Desde então, a pós-graduação formal na área expandiu-se continuamente, reforçando seus padrões de qualidade aceitos internacionalmente (BALBACHEVSKY, 2005, p. 282).

A Engenharia é definida pela CAPES (2013) como a área do conhecimento responsável pela aquisição, difusão e aplicação de conhecimentos qualitativos e quantitativos no projeto, na construção e na operação de materiais, estruturas, máquinas, aparelhos, sistemas ou processos, de forma inovadora e sustentável. Para fins de avaliação do Sistema Nacional de Pós Graduação (SNPG), a área de Engenharia é subdividida pela CAPES² em quatro grupos de Engenharias: Engenharias I (Engenharia Civil e afins), Engenharias II (Engenharia Química e afins), Engenharias III (Engenharia Mecânica e afins), e Engenharias IV (Engenharia Elétrica e afins). Cada grupo tem suas próprias características e é avaliado por diferentes comissões, por isso a redação e apresentação dos documentos de área do triênio 2013 (referente ao triênio 2010 a 2012), não possuem um padrão.

A área Engenharias I é composta pelas subáreas de Engenharia Civil, Engenharia de Construção Civil, Engenharia de Estruturas, Engenharia Geotécnica, Engenharia de Recursos Hídricos, Engenharia Sanitária e Ambiental, Engenharia de Transportes e Engenharia Urbana. Algumas temáticas prioritárias desta área envolvem a questão da água e sua utilização, transportes terrestres e estruturas portuárias, infraestrutura básica e temática urbana (aspectos de construção, tratamentos de rejeitos, uso do solo, prevenção de acidentes).

A lógica da interdisciplinaridade/Multidisciplinaridade é reforçada pelo grupo de Engenharias II, formada basicamente, por PPGs em subáreas tradicionais como Engenharia Química, Engenharia Nuclear, Engenharia de Materiais e Metalúrgica e Engenharia de Minas.

² A CAPES disponibiliza separadamente os documentos de área triênio 2013 (2010-2012) para cada um dos grupos de Engenharias I, II, III no seguinte endereço: <http://www.avaliacaotrienal2013.capes.gov.br/documento-de-area-e-comissao>.

As Engenharias III agregam temas de pesquisa voltados para fenômenos de transporte, ciências térmicas, mecânica dos fluidos, mecânica dos sólidos, dinâmica, projeto mecânico, processos de fabricação, biomecânica, mecatrônica, metrologia, materiais, mecânica computacional, acústica, energia, petróleo, meio ambiente, micro e nano sistemas, operações e processos da produção, logística, pesquisa operacional, sustentabilidade, inovação tecnológica, entre outras. As subáreas de formação com temáticas predominantes entre os docentes são Engenharia Mecânica e a Engenharia de Produção, entretanto, os PPGs deste grupo também englobam as subáreas de Engenharia Aeroespacial e Engenharia Naval e Oceânica.

As Engenharias IV por fim, englobam os PPGs nas especialidades de Engenharia Elétrica e Engenharia Biomédica, as quais se dedicam aos seguintes temas de pesquisa: Bioengenharia, Engenharia de Sistemas, Processamento de sinais, Sistemas elétricos de Potência, Eletrônica, Automação, Instrumentação, Engenharia de Computação, Teleinformática, Microeletrônica, Telecomunicações. A Engenharia Biomédica agrupa aspectos das Ciências exatas e das Engenharias com aspectos das Ciências Biológicas e Medicina. Desta forma, pode ser compreendida como uma área que objetiva esclarecer os princípios organizacionais e os mecanismos essenciais da Biologia dos sistemas fisiológicos e da natureza dinâmica e complexa desses sistemas.

Diante disso, apresenta-se na **Tabela 1**, a seguir, um panorama geral sobre o crescimento do número de PPGs por nível e por grupo de Engenharias, com base nos dados disponíveis na Geocapes (2014) a partir de 1998.

Tabela 1 – PPGs brasileiros de Engenharia por nível e por área da CAPES (1998/2014)

Nível do Curso	ENGENHARIAS I		ENGENHARIAS II		ENGENHARIAS III		ENGENHARIAS IV		Total	
	1998*	2014	1998	2014	1998	2014	1998	2014	1998	2014
Doutorado (D)	0	0	0	2	0	1	0	0	0	3
Mestrado (M)	18	45	14	32	19	40	10	33	61	150
Mestrado Profissional (MP)	0	18	0	8	0	26	0	9	0	61
M/D	17	42	24	41	20	51	18	38	79	172
M/D/MP	0	0	0	0	2	0	2	0	4	0
M/MP	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
TOTAL	35	105	38	83	42	118	30	80	145	386
%MÉDIA TC	7,11		5,00		6,67		6,32		6,31	

Fonte: dados da pesquisa e GEOCAPES

Legenda: TC= taxa de crescimento.

O número de PPGs nacionais na área de Engenharia passou de 145 em 1998 para 386 em 2014, um crescimento médio de 6,31%. A quantidade de PPGs com oferta de cursos em nível de Mestrado e Doutorado (M/D) se manteve superior aos demais, tanto em 1998 (79), quanto em 2014 (172). Os grupos de Engenharias que cresceram acima desta média foram Engenharias I, composta por Engenharia Civil e afins (7,11%) e Engenharias III, composta por Engenharia Mecânica e afins (6,67). O total de PPGs em nível de mestrado profissional (MP) se destaca para ambos, em comparação com os demais, pois estes grupos englobam subáreas com forte vocação profissional associação com o setor produtivo, como Engenharia de Produção (Engenharias III) e Engenharia Sanitária (ou ambiental), pertencente ao grupo Engenharias I. Ressalta-se que a existência do mestrado profissional no Brasil é muito recente, pois surgiu em 1995, para atendimento à crescente demanda por profissionais com formação direcionada ao mercado de trabalho.

O sistema de PPGs em Engenharias I (neste estudo, o grupo está representado por Engenharia Civil e Sanitária) cresceu 15% no triênio relativo a 2010-2012, com incremento de 22% para os cursos de doutorado. Para os avaliadores, as subáreas que integram este grupo poderiam ter crescido mais se não houvesse insuficiência de profissionais no país para atender à demanda do sistema produtivo, que oferece salários mais atrativos para o engenheiro civil e ambiental, por exemplo, do que o

setor acadêmico (CAPES, 2013). Rocha Neto (2011) prospecta grande potencial de crescimento de cursos de doutorado para Engenharia Civil e Engenharia de Produção até 2020, devido à estreita conexão com as áreas prioritárias do Programa de Desenvolvimento Produtivo 2009 (PDP), da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial.

O grupo das Engenharias IV (Elétrica e afins) apresentou média de crescimento de 6,31%, praticamente igual à média geral. Já o grupo de Engenharias II (Química e afins) também cresceu, mas se manteve abaixo da média geral (5,00%).

Na visão oportuna de Guimarães, Oliveira e Prata (2007), a pesquisa e a pós-graduação foram fomentadas de forma unívoca na área de Engenharia, com a finalidade de formar recursos humanos qualificados. O salto de qualidade deve vir da compreensão do papel de cada subárea para o todo e a busca por equilíbrio para que uma dê suporte à outra. Rocha Neto (2011) complementa que é necessário induzir a criação de novos cursos em nível de doutorado até 2020 em Engenharia Aeroespacial, Engenharia de Materiais e Metalúrgica, Engenharia de Minas, Engenharia Naval e Oceânica, Engenharia Biomédica e Engenharia Nuclear.

A grandeza das Engenharias também pode ser observada nos grupos de pesquisa atuantes nesta área. Uma busca no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq (CNPq, 2014) pela Grande Área Engenharias revela como resultado um total de 3.797 grupos. A aplicação de um filtro por subárea permitiu identificar que há uma maior concentração de grupos de pesquisa na área de Engenharia Elétrica, com 764 grupos registrados.

Apesar da grande importância da Engenharia em todo o seu processo de desenvolvimento e dos investimentos do governo em formação de engenheiros, o número atual de engenheiros de alta qualificação ainda é defasado em setores em franco desenvolvimento, como por exemplo, o de telecomunicações, cujas empresas absorvem os egressos dos cursos de Engenharia Elétrica. Segundo o autor, o Brasil é o país com melhores condições de desenvolvimento nesta área em toda a América Latina (MOTA; MARTINS, 2008). O setor energético também sofre com a defasagem, pois desde 2008, os olhares do mundo todo se voltam para as descobertas brasileiras do pré-sal, gigantesco reservatório de petróleo e gás natural, localizado nas Bacias de

Santos, Campos e Espírito Santo. Estima-se que esta descoberta colocará o Brasil num patamar elevado de grande produtor e exportador de petróleo e produtos derivados de maior valor agregado como gasolina e petroquímicos, porém os custos de exploração são altos e demandam investimentos em mão de obra muito especializada. De acordo com Barbi e Silva (2008), se o Brasil optar pela exportação poderá preencher uma lacuna histórica na estratégia nacional ao dar origem a uma política industrial sustentada nos pilares do desenvolvimento econômico e na redução das desigualdades regionais, a exemplo da Noruega. Matos (2013) estima que o setor brasileiro de petróleo e gás deve contratar mais de 150 mil engenheiros em diferentes subáreas e que a defasagem de profissionais qualificados pode comprometer o desenvolvimento do país. Por isso, políticas adequadas de expansão da pós-graduação e incentivo ao intercâmbio entre universidade-empresa são fundamentais. A indústria é a motivação para o estudante das áreas tecnológicas, principalmente para os recém-formados que desejam se fixar profissionalmente. Entretanto, segundo Guimarães, Oliveira e Prata (2007), percebe-se que a comunidade universitária direciona a pesquisa com ênfase acadêmica, em desalinho com a realidade dos países desenvolvidos que direcionam a pesquisa para a indústria.

Aranha et al. (2002) lembram que a Petrobrás (estatal de economia mista) foi uma das raras empresas que investiram capital na indústria brasileira e nas universidades, indicando uma fragilidade na estrutura da indústria em enfrentar os desafios da inovação tecnológica e investir neste intercâmbio. Recentemente, desde o início de 2014, a empresa vem sofrendo perdas financeiras relacionadas à investigação de um suposto esquema de corrupção em empresas citadas na Operação Lava Jato. Estudos futuros irão revelar os reflexos desta crise no ritmo de desenvolvimento do país. A continuidade em investimentos na área de Engenharia e a elaboração de um modelo de gestão em CT&I é fundamental para realimentar as demandas tecnológicas das empresas e dar suporte à competitividade do país dentro do contexto de uma economia globalizada. Por essas razões, ações de monitoramento sobre a produção científica se fazem cada vez mais necessárias nesta área.

2.3 A Comunicação científica e a Bibliometria

O processo de interlocução entre os pesquisadores ao longo da carreira e o tráfego de ideias no âmago das comunidades científicas promovem a geração do conhecimento, o avanço do saber e a ampliação de redes de produção científica (TARGINO, 2000). Para prosseguir em suas investigações, o cientista necessita averiguar o que já foi produzido e avaliado pelos pares, para estabelecer a partir do conhecimento registrado, as bases científicas na qual poderá avançar. Essas comunidades funcionam mediante o sistema de doação, onde inicialmente há um reconhecimento interpessoal seguido de uma confirmação maior, institucional e, que se faz merecida por causa de um volume intenso e constante de publicações originais que servem para manter uma estrutura científica consolidada e pautada na reputação dos cientistas e na credibilidade dos métodos utilizados (LE COADIC, 2004; TARGINO, 2000).

O caminho percorrido pela pesquisa (ou fluxo informacional), segundo Mueller (2000), inicia pelo *insight* na mente do cientista, avança através da publicação dos resultados em canais formais ou informais de comunicação científica e culmina na citação em outros trabalhos. Assim, informação e comunicação configuram-se na essência do processo científico, pois realimentam o fluxo e contribuem para a operacionalização das investigações (MEADOWS, 1999; TARGINO, 2000). Na presente dissertação, informação é a premissa para a comunicação e também a capacidade humana e social de autoconhecimento, percepção e representação do mundo, o que implica interação contínua.

A comunicação científica pode ser definida como um conjunto de ações relacionadas à produção, disseminação e uso da informação científica e tecnológica. Segundo Stumpf (2000), esta desempenha um papel vital na investigação da ciência, pois a pesquisa que não é comunicada, não é visível. Gomes (2013) estabelece que a compreensão da comunicação científica enquanto fluxo/sistema/processo intrínseco à ciência perpassa por três aspectos principais que a autora chama de tripé: a pesquisa, quando requer comunicação entre os pares ao longo do seu desenvolvimento; a estrutura de produção informacional; e a sociedade que compartilha o conhecimento

consolidado e público. Targino (2000, p. 10) também acrescenta que: “É a comunicação científica que viabiliza ao produto (produção científica) e aos produtores (pesquisadores) a necessária visibilidade e credibilidade possível no meio social em que produto e produtores se inserem.”

As atividades de informar e comunicar, cada vez mais ágeis podem provocar nos pesquisadores uma sensação confortante de controle sobre o saber humano, porém, segundo Bufrem e Prates (2005), devido ao acúmulo de massa documentária disponível na atualidade, a tarefa crítica nem sempre pode ser exercida satisfatoriamente. A diversidade e o crescimento das técnicas de investigação da ciência e de suportes de registro informacional colaboraram para o surgimento de modelos e teorias que fundamentam o processo de avaliar a qualidade de publicações científicas, com vistas à certificação de mérito.

Ao longo do seu amadurecimento enquanto disciplinas, Biblioteconomia e Ciência da Informação tentam encontrar e desenvolver a aplicação dos métodos quantitativos de avaliação da ciência. Estes métodos, segundo Rousseau (1998, p. 149) seguem algumas premissas: 1) só o trabalho do cientista garante o progresso; 2) o trabalho científico se constrói mediante obras de colegas e precursores de sua área; 3) os resultados das pesquisas são publicados; 4) quando publicadas, as pesquisas são submetidas à avaliação pelos pares; 5) as pesquisas publicadas carregam uma lista de referências a obras e autores anteriores, que são os pilares sobre os quais se constroem as argumentações científicas; 6) os periódicos são o principal veículo de comunicação entre cientistas; 7) o número de publicações de um grupo de pesquisa pode ser considerado como um indicador da sua produção científica; 8) o impacto ou a visibilidade internacional de um artigo é medida pelo número de vezes que este artigo é citado por outras publicações; 9) no sistema global de revistas, é possível distinguir o núcleo internacional de maior visibilidade, e também o periférico, constituído em geral por títulos que abrangem interesses regionais; 10) a WoS contempla a maioria das revistas internacionais *mainstream* nas áreas de ciências puras, aplicadas, sociais e médicas.

As atividades de avaliação da produção científica se fundamentam basicamente em duas metodologias: avaliação qualitativa, realizada pelos pares e fortemente

ancorada na reputação adquirida pelo avaliado; e a avaliação quantitativa, estruturada em métricas estatísticas (VANZ; STUMPF, 2010). Sabe-se que a estrutura científica de cada país determina como os recursos são distribuídos de acordo com as áreas. Com base nesta proposição, estabeleceu-se uma prática multidisciplinar para identificar padrões da literatura científica e a sua evolução temporal contextualizada, conhecida como Bibliometria, cujo precursor foi Solla Price (1976), responsável por demonstrar que a evolução das grandes áreas do conhecimento geralmente segue uma linha de tendência exponencial, já que o volume de produtos da ciência tende a duplicar numa janela temporal de 10 a 15 anos.

Maia e Caregnato (2004) apresentam os principais fatos históricos e algumas das primeiras contribuições da Bibliometria para a Ciência da Informação: compilação das citações dos casos da Corte do Tribunal Superior Americano em 1743; necessidade de pesquisas quantitativas sobre cultura e ciência em 1820; contagem de publicações na área de Química em 1874, por Alan Pritchard; pioneirismo de Paul Otlet, em 1934 no uso do termo Bibliometria como técnica de quantificar a ciência e os cientistas; fundação do *Institute for Scientific Information* (ISI) por Eugene Garfield, em 1958; publicação do livro *Little Science Big Science* em 1963; lançamento comercial da WoS nos anos 80.

Pinheiro e Loureiro (1995, p. 49) ainda esclarecem que: “[...] embora seja na realidade método, pela importância que assume na Ciência da Informação, galga a posição de disciplina.” Glänzel (2003) corrobora afirmando que a Bibliometria é uma área de pesquisa de caráter interdisciplinar que pode se estender a quase todos os ramos do conhecimento científico. A metodologia presente nos estudos bibliométricos compreende componentes de Matemática, Ciências Sociais, Ciências Naturais, Engenharia e até mesmo as Ciências da Vida. Os indicadores são parâmetros que se utilizam no processo avaliativo de qualquer atividade (SANCHO, 1990). Como exemplos de indicadores mais usados em estudos bibliométricos, segundo Macias-Chapula (1998), destacam-se: a) *quantidade de publicações*: indicam o volume de *outputs* por período, por tipologia documental, por idioma; b) *quantidade de citações*: refletem o impacto dos artigos (relação citações/itens publicados) ou assuntos citados; c) *coautoria*: revelam aspectos formais das várias atividades envolvidas nos trabalhos

colaborativos da ciência, identificam redes de pesquisa em determinada área, e podem servir como subsídio para estudos de ascensão e declínio da pesquisa cooperativa em nível nacional ou internacional.

Outro tipo de indicador bibliométrico com origem na Linguística, usado para rastrear interações e identificar aspectos da dimensão cognitiva da pesquisa é a análise de coocorrência de palavras com base na premissa de que as sentenças podem representar diversos níveis de agregação dentro do arcabouço intelectual da ciência. Na estrutura de uma publicação de cunho científico, por exemplo, as palavras-chave constituem-se em objetos representativos do conteúdo das publicações (SANTOS, 2013).

De acordo com Glänzel (2003), existem níveis diferenciados de abordagem metodológica e de análise do comportamento da produção científica: numa abordagem micro, encontram-se estudos da produtividade de atores individuais e grupos de pesquisa; num nível intermediário, as instituições e periódicos científicos; e num nível macro (grande volume de dados), investigam-se a produtividade no âmbito geográfico e geopolítico. O crescimento da produtividade científica resulta de um contínuo processo de acumulação de capacidades e conhecimentos, em que alguns recursos são liberados ao sistema, enquanto outros são capitalizados para utilização no próximo período de tempo. Glänzel (2003) também discorre que sob o viés da Cientometria, o processo de acúmulo é interpretado como capital intelectual, composto pelos agentes (pesquisadores, instituições, países), estrutura (políticas governamentais, investimentos, universidades, centros de pesquisa, indústria) e as redes de colaboração.

Sancho (1990) e Sengupta (1992, p. 83) também apresentam algumas das mais consistentes aplicações de indicadores para os estudos bibliométricos no âmbito de uma determinada área do conhecimento e/ou instituições e/ou países: 1) identificar a produtividade; 2) identificar a evolução cronológica da produção científica e seu crescimento; 3) conhecer a autoria da produção científica; 4) estudar a colaboração por meio da coautoria da produção científica; 5) avaliar o impacto ou a visibilidade da produção científica; 6) verificar a dispersão da produção científica nas diferentes tipologias documentais ou a dispersão do número de publicação em tipos específicos

de fontes; 7) identificar o núcleo de periódicos usados para publicação; 8) estudar a obsolescência dos campos científicos, de acordo com a “meia-vida” das referências usadas nas publicações; 9) desenvolver modelos experimentais para avaliação da atividade científica; 10) iniciar sistemas efetivos de redes sociais; 11) regular os fluxos informacionais e comunicativos; 12) projetar uma linguagem automática para auto-indexação, auto-resumo e auto-classificação; e 13) desenvolver critérios de padronização.

A crescente atenção dada aos indicadores de produção científica é decorrência da maior disponibilidade de metodologias e recursos eletrônicos que permitem coletar, organizar e analisar grandes volumes de dados. As principais fontes para captura destes dados quantitativos referentes à produção científica, utilizados para a construção dos indicadores bibliométricos são as bases de dados bibliográficas, sejam elas especializadas na cobertura de uma determinada área, ou multidisciplinares (VANZ; STUMPF, 2010). Em suma, os indicadores devem ser utilizados em conjunto, pois cada indicador é responsável pela apresentação de uma característica do objeto. É necessário que exista uma contextualização dos resultados quantitativos com base nos aspectos históricos e nos fluxos de comunicação científica da área avaliada, de forma que o emprego de múltiplos indicadores forneçam um quadro verossímil sobre sua estrutura de comunicação científica.

2.4 A Comunicação científica na área de Engenharia: um enfoque bibliométrico

O *corpus* principal da produção científica dos países, reconhecido como internacional, pode estar publicado em periódicos internacionais ou nacionais, incorporados nas bases de dados de prestígio, como por exemplo, a *Web of Science*. A inclusão ou exclusão de um periódico por estas bases é um processo complexo e de múltiplos interesses, principalmente o de perpetuar um sistema científico dominante já consolidado (LETA, 2011). Para compreender a situação das Engenharias dentro do universo compreendido pela WoS, realizou-se uma busca por estudos bibliométricos nacionais e internacionais sobre a produção científica na área.

Com abrangência mundial, Braun, Glänzel e Grupp (1995) analisaram 12.744 publicações (artigos, cartas, notas e artigos de revisão) entre 1989 e 1993 na WoS, nas cinco principais áreas da ciência: Saúde, Física, Química, Engenharia e Matemática. A área de Engenharia foi dividida em subáreas: Engenharia Eletrônica, Engenharia Mecânica, Engenharia Civil e outras Engenharias. A Engenharia Química foi abordada pelo viés da Química Inorgânica e não da Engenharia. Os países mais produtivos foram Estados Unidos, Japão, Canadá, Reino Unido e Alemanha. Naquela ocasião, o Brasil figurava em 34º lugar, já considerado o país mais produtivo da América Latina. Para a produção brasileira, os autores recuperaram 113 publicações na área de Engenharia representando 0,25% da produção mundial nesta área. Em Engenharia Eletrônica, o Brasil contribuiu com 0,39% da produção mundial.

A ciência brasileira foi explorada por Vanz (2009), que entre outros aspectos, verificou que a Engenharia contribuiu com 7% de publicações para a Ciência Brasileira entre 2004 a 2006, metade do que contribuíram Química (15,2%) e Biologia (14,5%), por exemplo. A autora constatou uma média de 4,1 autores por artigo.

A Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo (FAPESP, 2011) também investigou o comportamento da produção científica mundial, indexada principalmente pela WoS entre 2002 e 2006. Nas áreas de Química, Engenharia, Psicologia e Saúde, a produção se manteve dentro da média mundial, decaindo em áreas como Medicina, Ciências Sociais e Matemática. Segundo este estudo, os países com maior concentração de publicações na área de Engenharia foram Coreia do Sul, China, Japão, Índia e Brasil (destaque nesta área em toda a América Latina). Ainda de acordo com este estudo, a produção científica mundial na área de Engenharia representa 9% do total da produção científica mundial no período.

Existem também alguns estudos bibliométricos com abrangência temática específica na área de Engenharia. A evolução da atividade de pesquisa mundial na área de Engenharia Civil (1997-2011) foi investigada por Cañas-Guerrero et al. (2013). Como resultado constatou-se que 87% da produção científica está distribuída em 30 países, com destaque para os países do G-8 (exceto Rússia). Os EUA estão no topo da produtividade com 27% do total de artigos e 39 das 100 organizações mais produtivas, mas o aumento notável da produção científica da China e o impacto desta produção na

área estudada através das citações recebidas ameaçam o domínio norte-americano. Na maioria dos periódicos, existe uma clara relação entre o fator de impacto e o nível de internacionalização e difusão das mesmas. Verificou-se que o periódico *Journal of Hazardous Materials* exerce grande influência internacional com 34,7% de publicações chinesas oriundas desta fonte; 36,3% de publicações da Índia; 31,5% de Taiwan; 29,2% da Turquia; 27,3% da Espanha; 21,4% do Irã; 23,7% do Brasil; e 37% do Egito.

O amadurecimento da área de Engenharia no Brasil foi investigado por Guimarães, Oliveira e Prata (2007) a partir das publicações indexadas pela WoS no período entre 2001 e 2005. Até o presente momento, não foram encontrados outros estudos sobre a situação da Engenharia no Brasil, com uma abordagem geral. Os autores traçaram um comparativo sobre a geração de conhecimento nas diversas subáreas de Engenharia no Brasil em relação ao quadro mundial das mesmas áreas. Como resultados, verificou-se que a produção científica das Engenharias brasileiras posicionava (naquela ocasião) o Brasil no topo da América Latina e na 16ª posição, respondendo por 1,4% da produção mundial. Em relação à distribuição mundial das publicações da Engenharia por área do conhecimento, as seis maiores subáreas (Materiais, Elétrica, Mecânica, Química, Espacial e Instrumentação) correspondem aos ramos das Engenharias com a maior produção científica no mundo (63%) e também no Brasil (70%). Uma descoberta interessante foi que no Brasil, diferentemente do mundo, as Engenharias Elétrica e Mecânica ocupam a quarta e quinta posições respectivamente e que o percentual mais elevado do Brasil nas seis áreas é devido basicamente ao desempenho relativo mais acentuado nas áreas de Materiais, Química e Ciências espaciais.

Por fim, os autores observaram que geração de conhecimento em Engenharia no Brasil é então comparável à Coreia e Taiwan e que existe uma concentração de pesquisadores brasileiros dentro das universidades, diferente do que se observa em outros países, onde a maioria dos cientistas ligados à pesquisa e ao desenvolvimento se concentra nas indústrias. Este fato reflete a escassez de políticas voltadas ao favorecimento da colaboração entre universidade e empresas, bem como a fixação de pesquisadores no setor industrial.

A produção científica nacional em Engenharia Civil também foi investigada por Soares (2014) por meio das publicações e patentes indexadas pelos índices da WoS entre 1970 a 2012. Dentre os resultados, verificou-se que o número de publicações cresceu significativamente entre 2007 e 2010, mas que desacelerou em 2011 e 2012, fato atribuído à entrada de periódicos nacionais na WoS em 2007.

Apesar da baixa incidência de estudos bibliométricos no campo da Engenharia, supostamente pela sua amplitude, considerou-se que os estudos apresentados são úteis para contextualização e embasamento das análises.

3 METODOLOGIA

Nesta sessão, relatam-se os procedimentos metodológicos do presente estudo, qualificado como bibliométrico de amplitude macronível e abrangência nacional (GLÄNZEL, 2003). A pesquisa classifica-se como descritiva, baseada na identificação e análise das relações entre as variáveis e fenômenos para determinação posterior dos efeitos em um sistema. Possui caráter exploratório, já que explicita os aspectos da comunicação científica na área de Engenharia para obter maior percepção sobre a mesma (CERVO; BERVIAN, 1983). Em relação a sua abordagem, a pesquisa é quantitativa (OLIVEIRA, 1999), pois procura descrever a frequência com que determinados padrões se manifestam no *corpus*, composto pelos produtos da ciência (*outputs*) indexados na dimensão bibliográfica e temporal da *Web of Science: Coleção Principal da WoS: SCI-EXPANDED* (1945-presente), *SSCI* (1956-presente), *A&HCI* (1975-presente), *CPCI-S* (1991-presente) e *CPCI-SSH* (1991-presente).

Neste estudo, a Engenharia brasileira é representada por 38 *Web of Science Categories* (WC), rótulos que para a WoS, refletem o assunto principal dos periódicos e demais publicações e portanto, muito utilizados para fins de normalização das áreas do conhecimento em estudos bibliométricos (WOUTERS et al., 2014). Cada publicação da Coleção Principal da WoS é classificada em uma ou mais WC, já que em virtude da interdisciplinaridade da ciência, uma publicação pode atender aos propósitos de várias áreas. A proposta metodológica relacionada aos objetivos é explicitada no **Quadro 1**, abaixo:

Quadro 1 – Relação entre os objetivos específicos, indicadores bibliométricos e campos da WoS

Objetivo	Indicadores	Rótulos WoS	Operacionalização	
Identificar as características da produção científica brasileira na área de Engenharia e subáreas, em relação a (aos):	a) evolução temporal	Indicadores de produção e atividade científica	PY (<i>Publication Year</i> , ano de publicação)	Distribuição das publicações por ano e por quinquênios
	b) idiomas		LA (<i>Language</i> , idioma)	Distribuição das publicações por idioma de publicação
	c) tipologia documental		DT (<i>Document Type</i> , tipo de documento)	Distribuição das publicações por tipo de documento
	d) periódicos mais usados e) eventos mais usados		SO (<i>Source</i> , título da fonte)	Distribuição das publicações por título da fonte (periódicos ou eventos)
	f) autores frequentes (quem produz a pesquisa em Engenharia no Brasil?)		C1 (<i>Author Address</i> , endereço dos autores com as respectivas instituições às quais estão vinculados)	Distribuição das publicações por autoria
	g) Identificar os temas de pesquisa e tecer considerações sobre subáreas de produção científica em Engenharia (quais aspectos da área de Engenharia estão sendo investigados no Brasil? Quais subáreas são mais interligadas?)		DE (<i>KeyWords</i> , palavras-chave atribuídas livremente pelos autores) WC (<i>WoS categories</i> , rótulos da WoS transformadas em subáreas)	Distribuição das publicações por palavras-chave atribuídas pelos autores e Análise de coocorrências nas publicações em relação às palavras-chave e subáreas

Fonte: do autor, adaptado de Santin (2013, p. 63) e Hoppen (2014, p. 72)

3.1 Fonte de coleta de dados

A fonte escolhida para o fornecimento dos dados, a *Web of Science*, atende aos requisitos primordiais para os estudos bibliométricos, como número significativo de publicações mundiais em várias áreas e também, o vínculo institucional dos autores com o endereço (MARTINS; FERREIRA, 2013). Concebida nos anos cinquenta por Eugene Garfield nas dependências do *Institute for Scientific Information* (ISI), se

desenvolveu com base no princípio inovador de que as referências citadas por um autor identificam de maneira mais precisa o relacionamento entre documentos com afinidades de assunto. Atualmente, é produzida pela *Thomson Reuters* e se constitui em fonte consolidada para a coleta de dados da ciência *maistream* em estudos bibliométricos devido a sua abrangência, caráter multidisciplinar e grande volume de dados estruturados (GLÄNZEL, 2003; MUGNAINI; STREHL, 2008). Meho e Sugimoto (2009, tradução nossa) observam que WoS e Scopus podem apresentar resultados diferentes numa análise de micro dimensão, porém em nível macro (áreas de conhecimento e países, por exemplo), ambas costumam apresentar resultados semelhantes. Assim, justifica-se a escolha desta fonte para a captura dos dados da pesquisa. Esta base é responsável pela indexação dos principais periódicos internacionais com alto fator de impacto (FI) dentro das diversas áreas do conhecimento e pode ser acessada institucionalmente através do Portal de Periódicos da CAPES.

As informações sobre Fator de Impacto (FI) e Quartil utilizadas neste estudo foram extraídas do *Journal Citation Reports (JCR Science Edition 2014)*, publicação anual criada em 1975 com a finalidade de calcular as citações recebidas pelos artigos publicados em um determinado periódico incluso na WoS. O Fator de Impacto é obtido dividindo-se o número de citações recebidas pelo periódico no ano JCR pelo número total de artigos publicados neste periódico no biênio anterior. Com base no FI, o Quartil é um indicador de posicionamento de um periódico dentro da sua categoria de assunto WC. Os periódicos estão classificados nos Quartis do JCR: Q1, Q2, Q3, Q4, sendo Q1 o mais alto e Q4 o mais baixo.

Além do *JCR*, também se consultou o Sistema Periódicos Qualis³, da CAPES, que é um sistema de classificação de periódicos nacionais e internacionais elaborado para avaliar a qualidade da produção científica do SNPG brasileiro. A classificação dos periódicos é realizada pela comissão de avaliação de cada área, responsável por designar aos periódicos estratos indicativos da qualidade: A1, A2, B1, B2, B3, B4, B5, e C. Neste estudo, os periódicos centrais usados pelos pesquisadores foram classificados

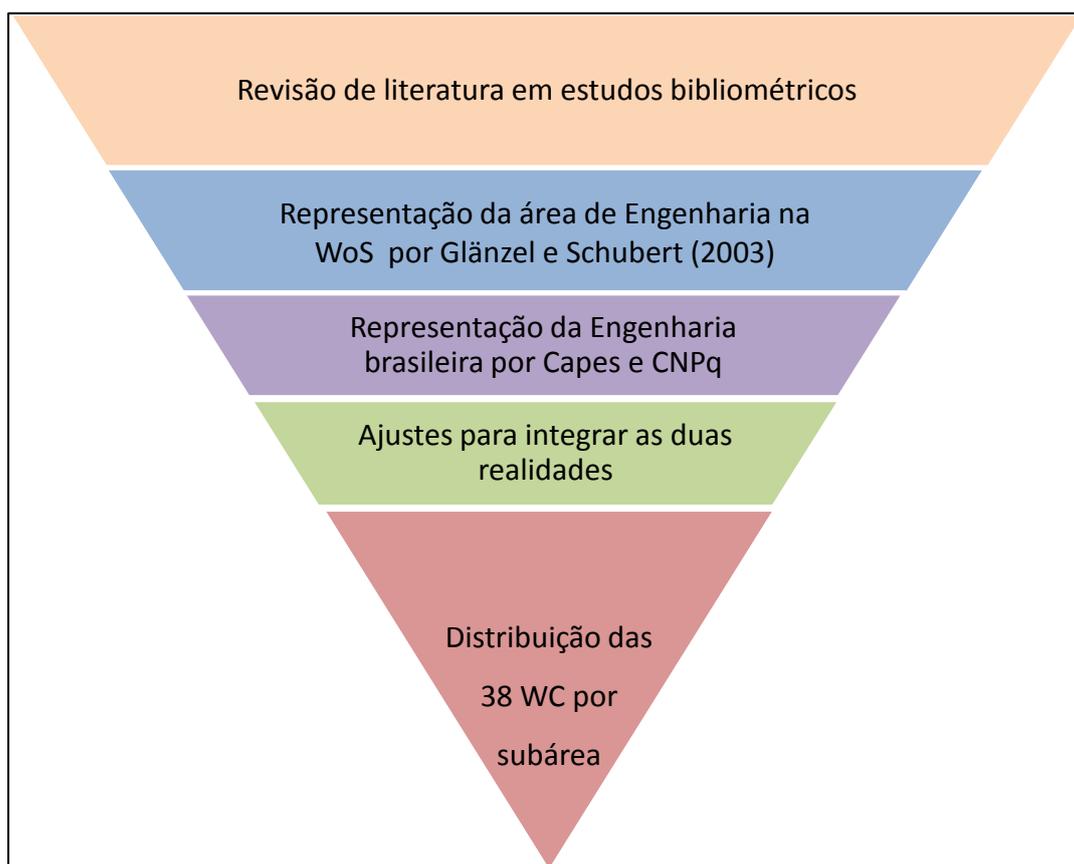
³ O Sistema Periódicos Qualis está disponível em: <<https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.jsf>>.

segundo o maior estratos para Engenharias I, II, III ou IV no ano de 2014. Quando o periódico não pôde ser localizado no sistema Qualis 2014 dentro de um dos quatro grupos de Engenharias, foi classificado como “sem Qualis”, pois estratos de outras áreas foram desconsiderados.

3.2 Estratégia de Busca

A estratégia de busca é uma etapa metodológica que exige reflexão, pois a confiabilidade dos resultados dos estudos bibliométricos depende de uma estratégia relacionada à realidade da área e da região que se deseja analisar. A classificação da produção científica em áreas adequadas é premissa para a realização de análises bibliométricas (VANZ, 2009). Para compor a estratégia de busca utilizada para captar o *corpus* da pesquisa foi necessário seguir as seguintes etapas, sintetizadas no esquema a seguir:

Figura 3 – Etapas da composição da estratégia de busca da pesquisa



Fonte: do autor

Primeiramente recorreu-se aos estudos realizados pelo Grupo de Pesquisa em Comunicação Científica da UFRGS, cujos autores utilizaram vários rótulos combinados do campo *Web of Science Categories* (WC) para representar alguma área de pesquisa, tais como: Geociências (MOURA, 2014), Ciências Agrárias (VARGAS, 2014), Neurociências (HOPPEN, 2014), Matemática (QUEIROZ, 2016) e Química (MENEZES, 2016). Além destes, o estudo sobre a produção científica brasileira em Engenharia Civil de Soares (2014) também serviu a este fim.

Também se considerou a possibilidade de realizar uma busca por *Áreas de Pesquisa* (campo *SU* da WoS), que correspondem a um esquema de categorização de assunto mais abrangente, compartilhado por todas as bases da Plataforma *Web of Science*. Nesta plataforma, as áreas de pesquisa são classificadas em cinco grandes categorias: *Arts & Humanities*; *Life Sciences & Biomedicine*; *Physical Sciences*; *Social Sciences*; e *Technology* (Tecnologia). A **SU=Engineering** está inserida na categoria *Technology*, e é composta por 15 WCs: *Engineering: Engineering, Aerospace; Engineering, Multidisciplinary; Engineering, Biomedical; Engineering, Environmental; Engineering, Chemical; Engineering, Industrial; Engineering, Manufacturing; Engineering, Marine; Engineering, Civil; Engineering, Ocean; Engineering, Petroleum; Engineering, Electrical & Electronic; Engineering, Mechanical; Engineering, Geological; e Ergonomics*.

Algumas WC importantes para a área de Engenharia brasileira segundo a CAPES (2014a) não foram incluídas nessa opção de busca, tais como: *Medical Informatics e Telecommunications* (importantes para a Engenharia Elétrica), *Automation & Control Systems* (diz respeito à Engenharia Oceânica), *Robotics* (Engenharia Mecânica), *Remote Sensing*, e *Energy & Fuels* (Engenharia Sanitária), *Nuclear Science & Technology* (Engenharia Nuclear), *Construction & Building Technology, Transportation, e Transportation Science & Technology* (Engenharia Civil). A composição das subáreas principais baseada na inclusão dos rótulos WC que apresentassem apenas o termo *Engineering* não expressaria suficientemente a complexidade dessa área no Brasil. A partir desta constatação sobre a SU, optou-se por não utilizá-la.

Assim, a etapa seguinte constituiu-se da obtenção das WC que melhor representassem a área de Engenharia no Brasil. Após a leitura dos trabalhos supracitados, constatou-se que o Esquema de classificação de áreas da ciência elaborado por Glänzel e Schubert (2003) constituía-se na principal ferramenta de representação das áreas em estudos bibliométricos que utilizam a WoS como fonte de coleta de dados. Os autores concluíram que a reunião de 23 WC podem representar a área de Engenharia sob o ponto de vista internacional. São elas: *Computer Science, Artificial Intelligence; Computer Science, Cybernetics; Computer Science, Hardware & Architecture; Computer Science, Interdisciplinary Applications; Computer Science, Software Engineering; Computer Science, Theory & Methods; Computer Science, Information Systems; Medical Informatics; Telecommunications; Automation & Control Systems; Engineering, Electrical & Electronic; Robotics; Remote Sensing; Energy & Fuels; Nuclear Science & Technology; Construction & Building Technology; Engineering, Multidisciplinary; Engineering, Industrial; Engineering, Manufacturing; Engineering, Civil; Engineering, Mechanical; Transportation; e Transportation Science & Technology.*

Diante da escolha pelas 23 WC selecionadas através do Esquema de classificação de áreas da ciência elaborado por Glänzel e Schubert (2003), a etapa seguinte compreende esforços no sentido de aproximar esta estrutura de caráter internacional à realidade brasileira em Engenharia. Para isso, seguiu-se a taxonomia utilizada pela CAPES (2014a) e pelo Diretório de Pesquisa do CNPq (CNPq, 2014). A Tabela de áreas da CAPES é condizente com os objetivos de instituições e agências de fomento brasileiras para todas as áreas e desdobra a Engenharia em 12 subáreas principais: Engenharia Aeroespacial; Engenharia Biomédica; Engenharia Civil; Engenharia Elétrica; Engenharia de Materiais e Metalúrgica; Engenharia Mecânica; Engenharia de Minas; Engenharia Naval e Oceânica; Engenharia Nuclear; Engenharia de Produção; Engenharia Química e Engenharia Sanitária.

A consulta à estrutura nacional permitiu realizar os ajustes necessários à adequada representação da área de Engenharia brasileira dentro do próprio Esquema de Glänzel e Schubert (2003). Por exemplo, neste esquema, os autores consideram que a WC *Chemical, Engineering* pertence à área da Química, mas para a Engenharia brasileira, esta temática se insere em Engenharia Química e por isso, foi adicionada na

estratégia de busca. Outras WC estão presentes em áreas afins, tais como a Química, Geociências, Ciências Agrárias, e Ciências da Computação; e também interdisciplinares, como a Biomedicina. Para não haver dúvidas, consultou-se as Notas de Escopo dos rótulos da WoS (WEB OF SCIENCE, 2012) antes de tomar qualquer decisão sobre inclusão de WC de outra área presente no esquema de Glänzel e Schubert (2003).

Assim, foram adicionadas outras 15 categorias ao esquema anterior, a saber: *Engineering, Chemical; Engineering, Petroleum; Engineering, Geological; Mining & Mineral Processing; Metallurgy & Metallurgical Engineering; Materials Science, Multidisciplinary; Materials Science, characterization & Testing; Materials Science, Ceramics; Engineering, Environmental; Water Resources; Engineering, Marine; Engineering, Ocean; Engineering, Aerospace; Engineering, Biomedical; e Materials Science, Biomaterials.*

Salienta-se que algumas WC presentes no Esquema de Glänzel e Schubert (2003) para Engenharia, segundo a CAPES e CNPq, pertencem à área da Ciência da Computação, área interdisciplinar principalmente à Engenharia Mecânica e Elétrica, sendo impossível vincular alguma delas à uma subárea específica: *Computer Science, Artificial Intelligence; Computer Science, Cybernetics; Computer Science, Hardware & Architecture; Computer Science, Interdisciplinary Applications; Computer Science, Software Engineering; Computer Science, Theory & Methods ; e Computer Science, Information Systems.*

Como a WC *Multidisciplinary, Engineering* aborda tópicos relevantes sobre ciência da computação e devido à importância destes temas estratégicos para o desenvolvimento socioeconômico dos países (ARANHA et al., 2002), decidiu-se mantê-las na composição da estratégia de busca, agrupadas numa 13ª subárea, denominada “Engenharia Multidisciplinar”.

No total, a estratégia de busca reuniu 38 WC, distribuídas em 13 subáreas de Engenharia, cada uma com suas características. As análises das subáreas foram realizadas a partir da classificação exposta a seguir:

Quadro 2 – Esquemático da Engenharia brasileira representada pelas 38 WC

Subárea de Engenharia	WC
Engenharia Aeroespacial	Engineering, Aerospace
Engenharia Biomédica	Engineering, Biomedical Materials Science, Biomaterials
Engenharia Civil	Engineering, Civil Construction & Building Technology Transportation Transportation Science & Technology
Engenharia Elétrica	Engineering, Electrical & Electronic Telecommunications Medical Informatics
Engenharia de Materiais e Metalúrgica	Metallurgy & Metallurgical Engineering Materials Science, Multidisciplinary Materials Science, Characterization & Testing Materials Science, Ceramics
Engenharia Mecânica	Engineering, Mechanical Robotics
Engenharia de Minas	Engineering, Geological Mining & Mineral Processing
Engenharia Multidisciplinar	Engineering, Multidisciplinary Computer Science, Artificial Intelligence Computer Science, Cybernetics Computer Science, Hardware & Architecture Computer Science, Interdisciplinary Applications Computer Science, Software Engineering Computer Science, Theory & Methods Computer Science, Information Systems
Engenharia Naval e Oceânica	Engineering, Marine Engineering, Ocean Automation & Control Systems
Engenharia Nuclear	Nuclear Science & Technology Energy & Fuels
Engenharia de Produção	Engineering, Industrial Engineering, Manufacturing
Engenharia Sanitária	Engineering, Environmental Water Resources Remote Sensing
Engenharia Química	Engineering, Chemical Engineering, Petroleum

Fonte: dados da pesquisa

Finalmente, a expressão de busca submetida à pesquisa avançada da WoS (*Advanced Search*) em 16 de julho de 2015, foi assim constituída:

WC=(*Computer Science, Artificial Intelligence OR Computer Science, Cybernetics OR Computer Science, Hardware & Architecture OR Computer Science, Interdisciplinary Applications OR Computer Science, Software Engineering OR Computer Science, Theory & Methods OR Computer Science, Information Systems OR Medical Informatics OR Telecommunications OR Automation & Control Systems OR Engineering, Electrical & Electronic OR Robotics OR Remote Sensing OR Energy & Fuels OR Nuclear Science & Technology OR Construction & Building Technology OR Engineering, Multidisciplinary OR Engineering, Industrial OR Engineering, Manufacturing OR Engineering, Civil OR Engineering, Mechanical OR Transportation OR Transportation Science & Technology OR Engineering, Environmental OR Water Resources OR Engineering, Biomedical OR Materials Science, Biomaterials OR Engineering, Chemical OR Materials Science, Ceramics OR Materials Science, Multidisciplinary OR Metallurgy & Metallurgical Engineering OR Materials Science, Characterization & Testing OR Engineering, Geological OR Engineering, Marine OR Engineering, Ocean OR Engineering, Aerospace OR Engineering, Petroleum OR Mining & Mineral Processing*) **AND** Country (**CU**=Brazil **OR** Brasil).

A fim de conhecer a frequência anual das publicações no âmbito mundial, consultou-se a WoS (17 de julho de 2015), utilizando a mesma estratégia de busca acima, porém, sem limitar o país, totalizando 9.286.769 publicações da Engenharia no mundo. Também para fins de comparação com a Ciência brasileira, buscou-se na WoS (17 de julho de 2015) a frequência anual da produção científica nacional em todas as áreas.

3.3 Coleta, organização e tratamento dos dados

A estratégia de busca captou um total de 95.069 registros bibliográficos sobre a produção científica nacional em Engenharia, sem dados de citações, os quais foram importados no dia 16 de julho de 2015 em lotes de 500 registros, no formato de arquivo texto (.txt). Após a importação, todos os arquivos foram organizados em um

arquivo de texto único (.txt) Os registros duplicados foram removidos com auxílio do software *Bibexcel*⁴.

Após a captura dos dados, os registros receberam um tratamento de substituição dos nomes das WC para a subárea correspondente (**Quadro 2**) com o intuito de melhorar a qualidade dos resultados. Todavia não se julgou necessária a limpeza exaustiva de nomes pessoais, pois a pretensão é verificar as características da produção científica numa visão macro e não de autores isolados. Os dados receberam tratamento e análise descritiva/estatística nos programas *BibExcel*, *Microsoft Excel*, *SPSS* e *Pajek*, utilizado para melhor visualização gráfica das redes de coocorrência.

A estratégia de busca não recuperou publicações nacionais na área de Engenharia entre os anos de 1945 e 1965, o que pode ser consequência de falhas no preenchimento do campo CU (*country*) neste período. Em virtude deste fato, todas as análises iniciam a partir de 1966. Os resultados são apresentados ano a ano e também em quinquênios.

As análises procedem no todo quando trataram da Engenharia geral (95.069 publicações), e em partes quando retratou-se as 13 subáreas (122.809 publicações). Esclarece-se também que algumas análises estão baseadas na simples contagem, ou seja, foi contabilizada apenas uma determinada característica por publicação (como *ano de publicação* e *idioma*). Outras análises se basearam na dupla contagem (campos repetitivos), ou seja, foram contabilizadas mais de uma característica em um mesmo campo (*autoria*; *tipo de documento*, *subáreas* e *palavras-chave* são alguns exemplos). Nestes casos, o total analisado de ocorrências ultrapassou o total de 95.069 publicações.

O cálculo do crescimento médio do número de publicações foi realizado com ano-base 1973, data em que foram publicados mais de 10 trabalhos. A fórmula usada para estimar o crescimento médio é a mesma utilizada pelo IBGE⁵, para cálculo do

⁴ O *BibExcel* é uma ferramenta bibliométrica desenvolvida pelo professor Olle Person da *Umeå University* da Suécia, através do qual é possível obter indicadores de produção, colaboração e impacto por meio de análises de registros bibliográficos capturados da WoS. Disponível em: <<https://bibliometrie.univie.ac.at/bibexcel/>>. Acesso em: 07 mar. 2016.

⁵ IBGE. **Site institucional**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/indicadoresminimos/conceitos.shtm>>. Acesso em: 12 ago. 2015.

crescimento populacional, ou taxa geométrica de crescimento do número de publicações, de acordo com Maia, 2014, p. 71:

$$\sqrt[n]{\frac{P(t+n)}{P(t)}} \times 100$$

n= nº de anos do período;
P(t) =nº inicial de publicações;
P(t+n)=nº final de publicações

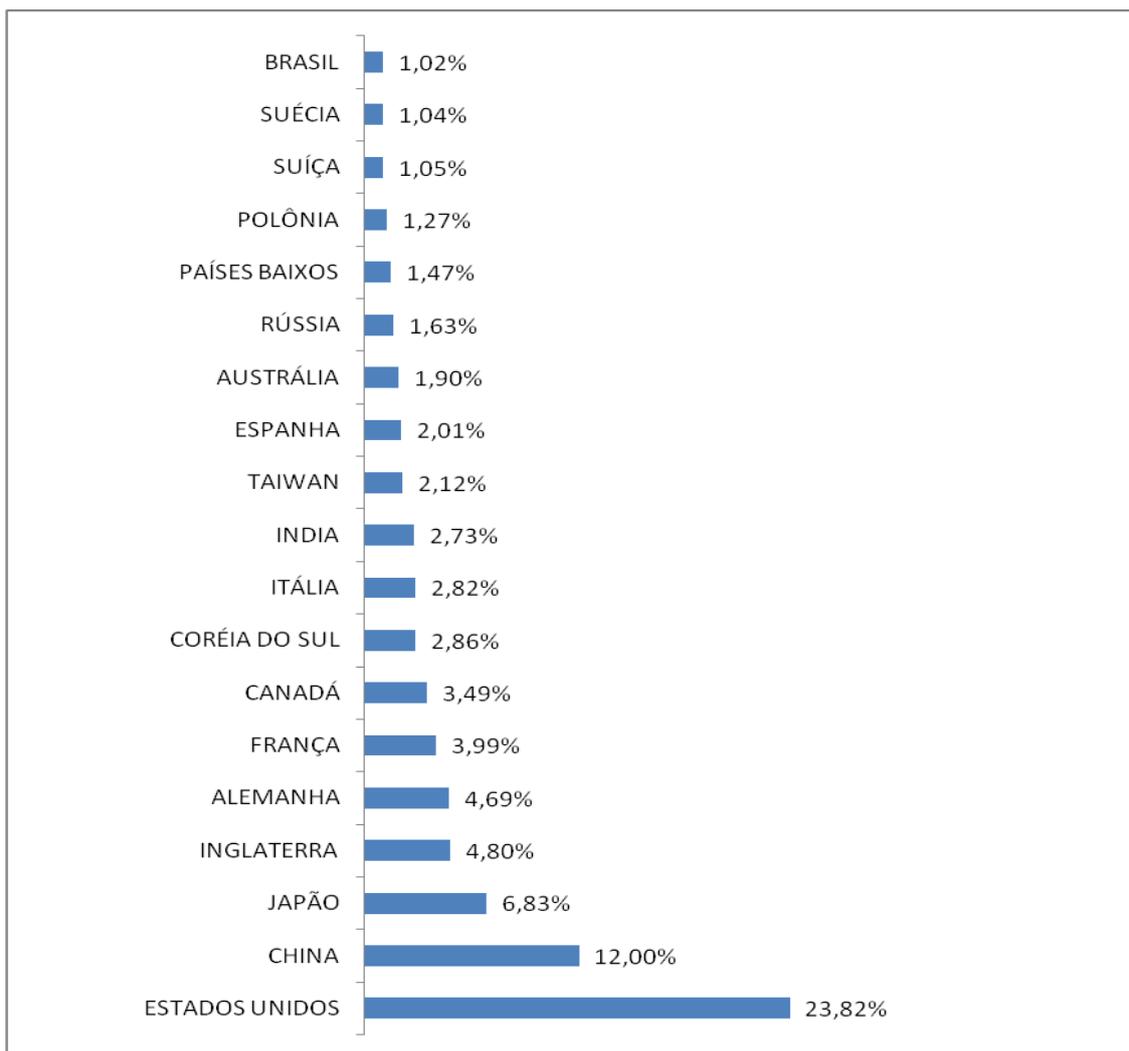
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Com o objetivo de caracterizar a produção científica brasileira em Engenharia, dispõem-se nos subcapítulos a seguir, as discussões da pesquisa, decorrentes da investigação das características existentes no *corpus* de publicações. Os resultados estão organizados de acordo com os indicadores de produção, na seguinte ordem: evolução temporal da produção científica nacional em Engenharia e subáreas; idiomas da produção científica nacional em Engenharia e subáreas; tipologia documental da produção científica nacional em Engenharia e subáreas; periódicos centrais e eventos principais usados como canal de comunicação científica; autores mais frequentes; temas recorrentes; e coocorrências a partir dos assuntos mais frequentes e subáreas.

4.1 Evolução temporal da produção científica nacional em Engenharia e subáreas

Ainda que o foco desta pesquisa seja a produção científica nacional, considera-se importante expor uma breve atualização do panorama mundial da produção científica em Engenharia à luz da WoS, uma vez que no início da década de 90, a Engenharia brasileira ocupava a 34ª posição no *ranking* mundial de produção científica da área, com 0,25% de representatividade (BRAUN; GLÄNZEL; GRUPP, 1995). De acordo com a **Figura 4**, o Brasil aparece recentemente entre os vinte países com maior número de publicações da Engenharia na WoS (1966-2014), com 1,02% de representatividade, taxa líder na América Latina, próxima à Suíça (1,05%), Suécia (1,04%) e Espanha (2,01%) e apenas quatro vezes menor do que França (3,99%) e Alemanha (4,69%). Estes resultados são semelhantes aos de Guimarães, Oliveira e Prata (2007), cuja percentual foi estabelecido em 1,4% entre 2001 e 2005.

Através da soma dos percentuais, é possível constatar que Estados Unidos, China, Japão, Inglaterra, Alemanha e França, juntos, concentram mais de 50% das publicações. Historicamente, estes países realizam ações robustas em áreas estratégicas como a Engenharia e investem na sustentação dos pilares do desenvolvimento, que são educação e ciência (BORGES; ALMEIDA, 2013).

Figura 4 – Distribuição mundial da produção científica em Engenharia (1945-2014)

Fonte: *Web of Science*

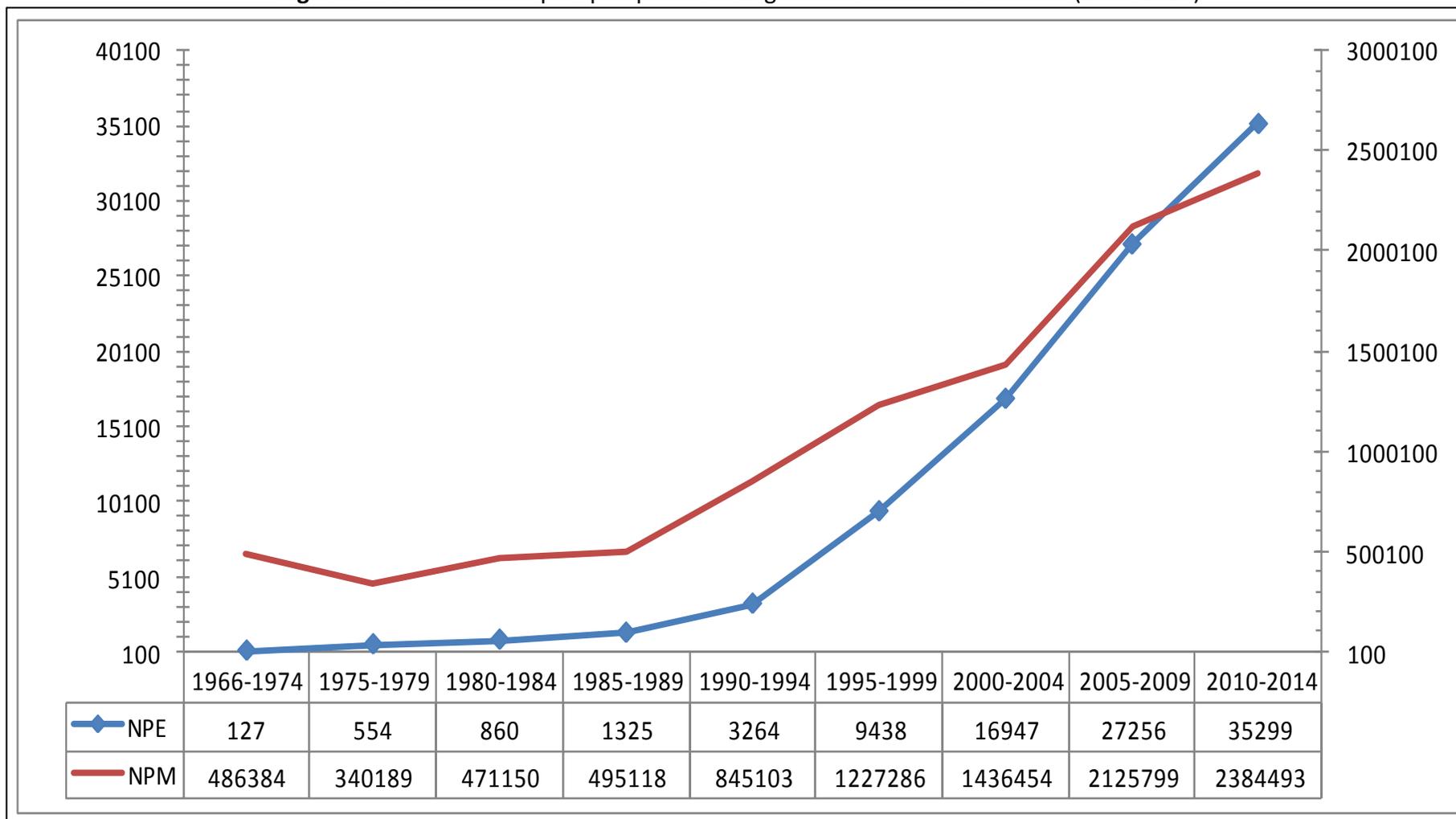
A produção científica influencia a geração de conhecimento tecnológico. Estes resultados refletem não só o perfil industrial dos países líderes, como também justificam os investimentos estratégicos em CT&I e em megaestruturas de arte, cultura e entretenimento. Nas últimas décadas, o BRICS elevou muito o seu patamar de desenvolvimento, especialmente em ciência e tecnologia (BORGES; ALMEIDA, 2013), fato que pode ser representado pelo volume de publicações em torno de 17,38%.

O panorama sobre a Engenharia no Brasil, delineado por Oliveira et al. (2013) revela que o Brasil (quando comparado com Estados Unidos, Reino Unido, Japão, China, Rússia e Índia) possui a menor taxa de alunos matriculados em PPGs *strictu sensu* (4,92%). A Índia acompanha o Brasil com 5,44%. No estudo citado, a Rússia (40,90%) obteve maior percentual de matrículas do BRICS. Se destacam Reino Unido

(29,71%), Estados Unidos (22,00%), Japão (18,35%) e China (11,31%). Segundo os autores, um dos pontos que poderiam apoiar o aumento da produção científica no Brasil seria quadruplicar o contingente de mestrandos e doutorandos. Apesar desta defasagem, os resultados são positivos, considerando o início recente da pós-graduação no país e também do seu desenvolvimento tecnológico.

A produtividade científica de uma área ou região pode ser observada através do acúmulo de conhecimento produzido e publicado ao longo de um período de tempo. Assim, antes de aprofundar a investigação da temporalidade da Engenharia brasileira, comparou-se brevemente o desenvolvimento temporal (em quinquênios) da Engenharia nacional e mundial:

Figura 5 – Produtividade por quinquênio da Engenharia brasileira e mundial (1966-2014)



Fonte: dados da pesquisa

Legenda: **NPE**=número de publicações nacionais de Engenharia; **NPM**=número de publicações da Engenharia Mundial.

Segundo o gráfico (**Figura 5**), o crescimento quinquenal do número de publicações nacionais de Engenharia apresentou uma curva de crescimento similar à da Engenharia mundial, apesar dos números nacionais serem menores. O gráfico aponta um declínio no ritmo da produção mundial no último período (2010-2014) em relação ao período anterior (2005-2009), entretanto o último período é composto de quatro anos e não cinco anos como os outros. Este declínio pode estar associado à crise econômica mundial, em 2008, o que ocasionou a falência de grandes bancos internacionais. Além disso, em 2011, as dívidas dos governos grego, português, espanhol, irlandês e italiano revelaram ao mundo a fragilidade de sustentação do Euro, gerando uma crise na economia mundial globalizada e colocando em xeque a constituição da União Européia enquanto bloco econômico liderado pela Alemanha.

Alisson (2014, documento eletrônico) afirma que entre 2008 a 2013 (início da recessão econômica), a taxa de investimento em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) nos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) em relação ao Produto Interno Bruto (PIB) foi de 1,6%, metade do percentual registrado entre 2001 e 2008. Apesar da crise, o autor destaca o aumento de investimentos chineses em PD&I, entre 2008 e 2012. Em 2013 a porcentagem de publicações científicas *mainstream* do bloco econômico BRICS se elevou ao patamar de 12%, o dobro do percentual da década anterior, ante 28% dos Estados Unidos.

Aparentemente, quando comparada com a produção mundial da área, a produção nacional não demonstra ter declinado na última década, ao contrário, o último período (2010-2014) apesar de conter um ano a menos que os outros, apresenta crescimento em relação ao anterior (2005-2009). A temporalidade da produção científica nacional em Engenharia será detalhada a seguir, facilitando a visualização dos períodos de ascensão e declínio da mesma.

A ciência e a pós-graduação brasileiras evoluem continuamente e com qualidade, resultado dos investimentos em infraestrutura e qualificação em universidades e instituto de pesquisa (ALMEIDA; GUIMARÃES, 2014). O Brasil é responsável pela formação de cerca de dez mil doutores ao ano e sua produção científica superou a marca de 1,5% da produção mundial, quando, há vinte anos, era de apenas 0,4% (STEINER, 2006). Em duas décadas, o Brasil saltou 10 posições no

ranking mundial de produção científica indexada em bases de dados bibliográficas multidisciplinares, como WoS e *Scopus*, assumindo a liderança na América Latina e se posicionando entre os 13 países que mais publicaram mundialmente (LETA, 2012; ALMEIDA; GUIMARÃES, 2013; LETA; THUIS; GLÄNZEL, 2013). Diante disso, a investigação da evolução temporal da produção científica nacional em Engenharia visa determinar se a área seguiu ou não os parâmetros de crescimento da Ciência brasileira e também explicitar suas singularidades (o quanto cresceu, picos e declínios, etc).

Nos anos iniciais (1966 e 1968) foram recuperadas duas publicações isoladas (resenha e artigo), ambas em inglês. A resenha (*book review*) com data de 1966 foi publicada no periódico canadense *Trans-Action* e pertence à subárea de Engenharia Civil. O autor, Walker, R. na época era vinculado ao *Centro Latino-Americano de Investigação em Ciências Sociais* (órgão associado à UNESCO), no Rio de Janeiro. O artigo (o primeiro artigo nacional em Engenharia recuperado na WoS) foi publicado em 1968 no periódico francês *UNESCO Bulletin for libraries* associado à subárea de Engenharia Multidisciplinar. O autor do mesmo foi Braz, M., vinculado à Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP).

A coautoria na área de Engenharia foi identificada inicialmente no *corpus* desta pesquisa em 1972, num artigo brasileiro publicado no periódico *International Journal of Applied Radiation and Isotopes* na subárea de Engenharia Nuclear. Os autores são Camilo Segreto e F.C. Ludwig (nome completo não localizado), ambos da Escola Paulista de Medicina, atualmente Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). Além dessa publicação marcante pela coautoria, foram recuperadas no mesmo ano mais quatro publicações na subárea de Engenharia Nuclear: uma proveniente do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF,RJ), duas do Instituto Militar de Engenharia (IME, RJ) e uma do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN, RJ). Neste ano também apareceu uma publicação na subárea de Engenharia Mecânica (um resumo de trabalho de evento, vinculado à Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUCRio). Em 1973, já era possível recuperar publicações nas demais subáreas.

O exame das publicações iniciais (de 1966 a 1972) do *corpus* evidenciou que as primeiras tipologias usadas pelos pesquisadores brasileiros na área de Engenharia foram resenha, resumo de trabalho de evento e artigo. Também revelou que a

Engenharia Civil, Engenharia Multidisciplinar, Engenharia Nuclear e Engenharia Mecânica foram subáreas pioneiras.

Na **Tabela 2**, a seguir, para fins de comparação, apresenta-se a frequência de publicações nacionais de Engenharia (coluna B) e da Ciência brasileira (coluna C), a contribuição da Engenharia para a Ciência brasileira (coluna D), as taxas de crescimento (anual e por quinquênio), da Engenharia (colunas I e K), e da Ciência brasileira (colunas J e L).

Tabela 2 – Publicações da Ciência brasileira e de Engenharia distribuídas por ano e por quinquênio (1966-2014)

(continua)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Ano	NPE	NPB	NPE/NPB	%NPE	%NPB	Σ%NPE	Σ%NPB	%TC anual NPE	%TC anual NPB	%TC quinquenal NPE	%TC quinquenal NPB
1966	1	47	2,13	0,00	0,01	0,00	0,01	..	..	..	..
1967	0	43	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	..	..	..	..
1968	1	49	2,04	0,00	0,01	0,00	0,03	..	..	..	..
1969	0	30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	..	..	..	..
1970	0	69	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	..	..	..	..
1971	0	37	0,00	0,00	0,01	0,00	0,05	..	..	..	..
1972	7	250	2,80	0,01	0,04	0,01	0,09	..	..	..	..
1973	56	991	5,65	0,06	0,16	0,07	0,25	base	base	..	..
1974	61	1014	6,02	0,06	0,17	0,13	0,42	8,93	2,32	..	..
1975	96	1183	8,11	0,10	0,20	0,23	0,62	57,38	16,67	..	..
1976	79	980	8,06	0,08	0,16	0,32	0,78	-17,71	-17,16	..	..
1977	120	1527	7,86	0,13	0,25	0,44	1,03	51,90	55,82	..	..
1978	116	1842	6,30	0,12	0,31	0,56	1,34	-3,33	20,63	..	..
1979	143	2092	6,84	0,15	0,35	0,72	1,69	23,28	13,57	base	base
1980	150	2253	6,66	0,16	0,37	0,87	2,06	4,90	7,70	..	..
1981	164	2824	5,81	0,17	0,47	1,05	2,53	9,33	25,34	..	..
1982	168	3009	5,58	0,18	0,50	1,22	3,03	2,44	6,55	..	..
1983	185	3018	6,13	0,19	0,50	1,42	3,53	10,12	0,30	..	..
1984	193	3312	5,83	0,20	0,55	1,62	4,08	4,32	9,74	55,23	89,09
1985	220	3345	6,58	0,23	0,55	1,85	4,63	13,99	1,00	..	..
1986	225	3787	5,94	0,24	0,63	2,09	5,26	2,27	13,21	..	..
1987	294	3258	9,02	0,31	0,54	2,40	5,80	30,67	-13,97	..	..
1988	261	3335	7,83	0,27	0,55	2,67	6,35	-11,22	2,36	..	..
1989	325	3720	8,74	0,34	0,62	3,01	6,97	24,52	11,54	54,07	21,01

Fonte: dados da pesquisa; Nota: .. não se aplica dado numérico.

Legenda: **NPE**=número de publicações da Engenharia nacional; **NPB**=número de publicações da Ciência brasileira; **TC**= Taxa de crescimento

(conclusão)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Ano	NPE	NPB	NPE/NPB	%NPE	%NPB	Σ%NPE	Σ%NPB	%TC anual NPE	%TC anual NPB	%TC quinquenal NPE	%TC quinquenal NPB
1990	342	4064	8,42	0,36	0,67	3,37	7,64	5,23	9,25	..	..
1991	444	4523	9,82	0,47	0,75	3,84	8,39	29,82	11,29	..	..
1992	626	5086	12,31	0,66	0,84	4,50	9,23	40,99	12,45	..	..
1993	702	5475	12,82	0,74	0,91	5,24	10,14	12,14	7,65	..	..
1994	1150	6476	17,76	1,21	1,07	6,45	11,21	63,82	18,28	146,34	46,88
1995	1152	7562	15,23	1,21	1,25	7,66	12,47	0,17	16,77	..	..
1996	1532	8732	17,54	1,61	1,45	9,27	13,92	32,99	15,47	..	..
1997	1855	10513	17,64	1,95	1,74	11,22	15,66	21,08	20,40	..	..
1998	2526	12416	20,34	2,66	2,06	13,88	17,72	36,17	18,10	..	..
1999	2373	13287	17,86	2,50	2,20	16,37	19,92	-6,06	7,02	189,15	104,93
2000	2851	14937	19,09	3,00	2,48	19,37	22,40	20,14	12,42	..	..
2001	3218	15827	20,33	3,38	2,62	22,76	25,02	12,87	5,96	..	..
2002	3169	17836	17,77	3,33	2,96	26,09	27,98	-1,52	12,69	..	..
2003	3586	19111	18,76	3,77	3,17	29,86	31,14	13,16	7,15	..	..
2004	4123	21070	19,57	4,34	3,49	34,20	34,64	14,97	10,25	79,56	69,07
2005	4357	22199	19,63	4,58	3,68	38,78	38,32	5,68	5,36	..	..
2006	4672	25053	18,65	4,91	4,15	43,70	42,47	7,23	12,86	..	..
2007	5245	31542	16,63	5,52	5,23	49,21	47,70	12,26	25,90	..	..
2008	6340	37613	16,86	6,67	6,24	55,88	53,93	20,88	19,25	..	..
2009	6642	40439	16,42	6,99	6,70	62,87	60,64	4,76	7,51	60,83	76,67
2010	5787	42458	13,63	6,09	7,04	68,96	67,67	-12,87	4,99	..	..
2011	5815	44602	13,04	6,12	7,39	75,07	75,07	0,48	5,05	..	..
2012	7335	48453	15,14	7,72	8,03	82,79	83,10	26,14	8,63	..	..
2013	8381	51067	16,41	8,82	8,47	91,60	91,57	14,26	5,39	..	..
2014	7981	50894	15,68	8,39	8,44	100,00	100,00	-4,77	-0,34	29,51	51,41
TOTAL	95069	603250	15,76	100,00	100,00	..	..	..	..	..	..
MÉDIA	..	..	..	..	..	..	..	12, 53%	9,83%	68,09%	53,70%

Fonte: dados da pesquisa ; Nota: .. não se aplica dado numérico.

Legenda: **NPE**=número de publicações da Engenharia nacional; **NPB**=número de publicações da Ciência brasileira; **TC**= Taxa de crescimento.

Segundo Leta (2012), os melhores desempenhos relacionados à produtividade científica brasileira ocorrem nos domínios da Física, Química e das Ciências biológicas, em grande parte devido ao alto nível de qualificação de 80% dos pesquisadores destas áreas. As Ciências agrárias e a Engenharia conquistaram este patamar somente nos anos recentes. Em 1991, a Engenharia era a 6^o área mais produtiva no Brasil e após uma década saltou para a 2^o colocação (abaixo de Física), mantendo-se até 2010 (abaixo de Ciências agrárias).

De acordo com o *corpus* da pesquisa, entre 1966 e 1972, a produção científica nacional em Engenharia estava representada na WoS por nove publicações, perfazendo 1,71% da Ciência brasileira no período. O cenário começou a melhorar a partir de 1973, quando o número de publicações aumentou para 56 (5,65% de representatividade). Vinte anos depois, em 1994, este número ultrapassa um milhar, uma contribuição de 17,76% para a Ciência brasileira. Poucos anos depois, essa contribuição atinge o patamar dos 20% ou próximo. No final do período, a representatividade se estabilizou na casa dos 15,00%, uma taxa considerada alta quando comparada a outras áreas: 19,96% em Ciências agrárias entre 2000-2011 (VARGAS, 2014), 15,56% em Química entre 2004-2013 (MENEZES, 2016), 3,19% em Matemática entre 2004-2013 (QUEIROZ, 2016).

A produtividade da Engenharia cresceu de forma consistente com oscilações ao longo do tempo, apresentando picos e declínios em alguns momentos. A partir da segunda metade da década de 70 (a partir de 1977) até a primeira metade da década de 90 (até 1993), houve uma rápida evolução no número de publicações da Engenharia, passando de 120 publicações em 1977 para 702 em 1993. Nesta faixa temporal, surgiram picos de crescimento (coluna I): em 1975 (57,38%), 1977 (51,90%), e 1992 (40,99%). No ano de 1992, a representatividade da Engenharia para a Ciência brasileira atingiu 12,31% (coluna D), uma taxa considerada alta, já que os percentuais se mantinham em torno de 7,00% até então. Este fato pode estar relacionado à inclusão de trabalhos de evento (*proceedings paper*) na WoS a partir de 2008, com abrangência temporal a partir de 1991. Como a densidade de publicações nas décadas iniciais é pequena, alguns declínios surgiram em 1976 (-17,71%) e 1988 (-11,22%). A partir da segunda metade da década de 90 (1994) o número de publicações nacionais

de Engenharia chegaram a 1.150. Em 1994 a área também apresentou um pico de crescimento de 63,82% em relação a 1993.

O crescimento do volume de publicações nacionais de Engenharia e da Ciência brasileira tornou-se mais notório ao ser agrupado em quinquênios (colunas K e L). No primeiro quinquênio da década de 80, o crescimento das publicações da Engenharia (55,23%) ainda era tímido se comparado ao da Ciência brasileira (89,09%). A partir do segundo quinquênio (1985-1989), percebeu-se uma melhora neste quadro, quando a área evoluiu 54,07% em relação ao quinquênio anterior.

Os maiores picos de crescimento da Engenharia ocorreram na década de 90. No quinquênio 1991-1995, a taxa de crescimento da área (146,34%), foi três vezes maior que a da Ciência brasileira (46,88%). No período posterior (1996-1999) a área atingiu o seu maior pico (189,15%), assim como a ciência brasileira (104,93%). Nos quinquênios subsequentes, o crescimento da Engenharia desacelerou apresentando valores menores, porém, constantes.

A explosão da produção científica nacional na década de 90 pode ser atribuída, entre outros fatores, à criação da *World Wide Web*, tecnologia difundida mundialmente nesta década, quando deixou de ser um sistema restrito aos setores de inteligência dos governos (CASTELLS, 2009). A ampla e rápida ascensão da internet alterou os processos de edição dos periódicos científicos e aos poucos, as instituições foram se adaptando às iniciativas de disseminação da produção científica internacional. Dentro da nova configuração, surgiu nesta década uma sólida estrutura que deu origem a um sistema integrado em ciência e tecnologia no país, com indicadores e estatísticas confiáveis de avaliação de méritos nas instituições de ensino superior (ALMEIDA; GUIMARÃES, 2013).

Não há dúvidas que a contextualização externa está fortemente relacionada à produção científica, como por exemplo, os diferentes momentos políticos e econômicos do Brasil, nestes 48 anos. A partir de 2000, o país atingiu um patamar de relativa estabilidade econômica e política, desencadeando vários processos de melhorias no quadro institucional relacionado à educação e pesquisa, liderados pela CAPES, CNPq e FAPESP, com reflexos no aumento quantitativo e qualitativo da produção científica. Uma das melhorias foi a criação do Portal de Periódicos da CAPES

em 2000 e iniciativa Scielo de indexação de periódicos nacionais, com vistas à expansão do acesso à informação científica (ALMEIDA; GUIMARÃES, 2013; PACKER, 2011). O aumento da produtividade nacional também pode ser consequência do aumento da oferta de bolsas de fomento e incentivos para pesquisa, da expansão de mestres e doutores titulados dentro e fora do país e do maior critério por parte dos pesquisadores brasileiros na escolha dos periódicos para publicação (MUGNAINI; JANUZZI; QUONIAM, 2004).

As mudanças ocorridas na WoS no quinquênio 2005-2009 relacionadas à inclusão de periódicos (2007) e anais de eventos (2008) talvez tenham impulsionado a produção da Ciência brasileira e também da Engenharia no último bloco 2010-2014. Na última década, os países emergentes (a exemplo do BRICS) têm se empenhado para aumentar a presença de seus periódicos científicos nas bases referenciais de publicações científicas. A partir de 2009, mais de um terço da produção científica brasileira estava indexada por WoS e *Scopus*, um marco decisivo para a produção científica nacional (PACKER, 2011).

Entre 2007 e 2014 O Brasil ampliou de 34 para 140 periódicos indexados na WoS (MENEHINI, 2014; VARGAS, 2014), fato que corrobora os resultados obtidos para a Ciência brasileira, pois no ano de 2006, esta cresceu 12,86% em relação a 2005 e no ano seguinte, após a inclusão das revistas brasileiras, o crescimento foi de 25,90% em 2007 e 19,25% em 2008. A Engenharia, por sua vez, cresceu 7,23% em 2006 (antes do acréscimo das revistas nacionais e anais de evento na WoS). Em 2007, cresceu 12,26% e no ano seguinte, 20,88%.

Após importantes mudanças impactarem na densidade de publicações em determinados períodos, nos anos posteriores, é normal que a frequência de publicações volte a se estabilizar e foi o que aconteceu com a Ciência brasileira. No entanto, a produtividade da Engenharia continuou oscilando: em 2010, houve um declínio (-12,87%), seguido de pequena melhora em 2011 (0,48%). Em 2012 e 2013, ocorreram novos saltos de produtividade (26,14% e 14,26%, respectivamente) e voltou a cair em 2014 (-4,77%). Michels e Fu (2014) também identificaram um declínio no número de trabalhos de evento em 2010, quando aparentemente, menos eventos foram incluídos na WoS, porém sem causas apuradas.

Além das mudanças da WoS que podem ter contribuído para a oscilação do número de publicações da Engenharia entre 2010 e 2011, outra possível causa para a tendência de declínio pode ter sido a crise econômica mundial de 2008 nos Estados Unidos com impacto em cascata em toda a economia mundial globalizada. Segundo Dias et al. (2015), até 2008, o Brasil era considerado um próspero laboratório mundial na área de biocombustíveis, devido à produção de açúcar e às exportações de etanol. Após a crise global de 2008 e a descoberta do pré-sal, o setor de biocombustíveis arrefeceu, pois o etanol passou a competir com gasolina subsidiada pelo governo federal. Os reflexos da crise atingem todos os setores produtivos em algum grau, o que requer planejamento para contorná-los.

Graças às medidas de estímulo econômico do governo federal à época, o país demonstrou capacidade de atravessar a crise, pois os valores referentes aos investimentos públicos anuais para o desenvolvimento de políticas nacionais em C&T do CNPq⁶ revelaram que a Engenharia sempre recebeu os maiores recursos, exceto em 2008 quando a área de Ciências Biológicas recebeu um pouco mais. O exame completo destes investimentos (dados disponíveis a partir de 2000) explicitam que entre 2012 e 2014, os investimentos na área de Engenharia se mostraram muito superiores às demais, o que significa que a redução do número de publicações não ocorreu por falta de recursos.

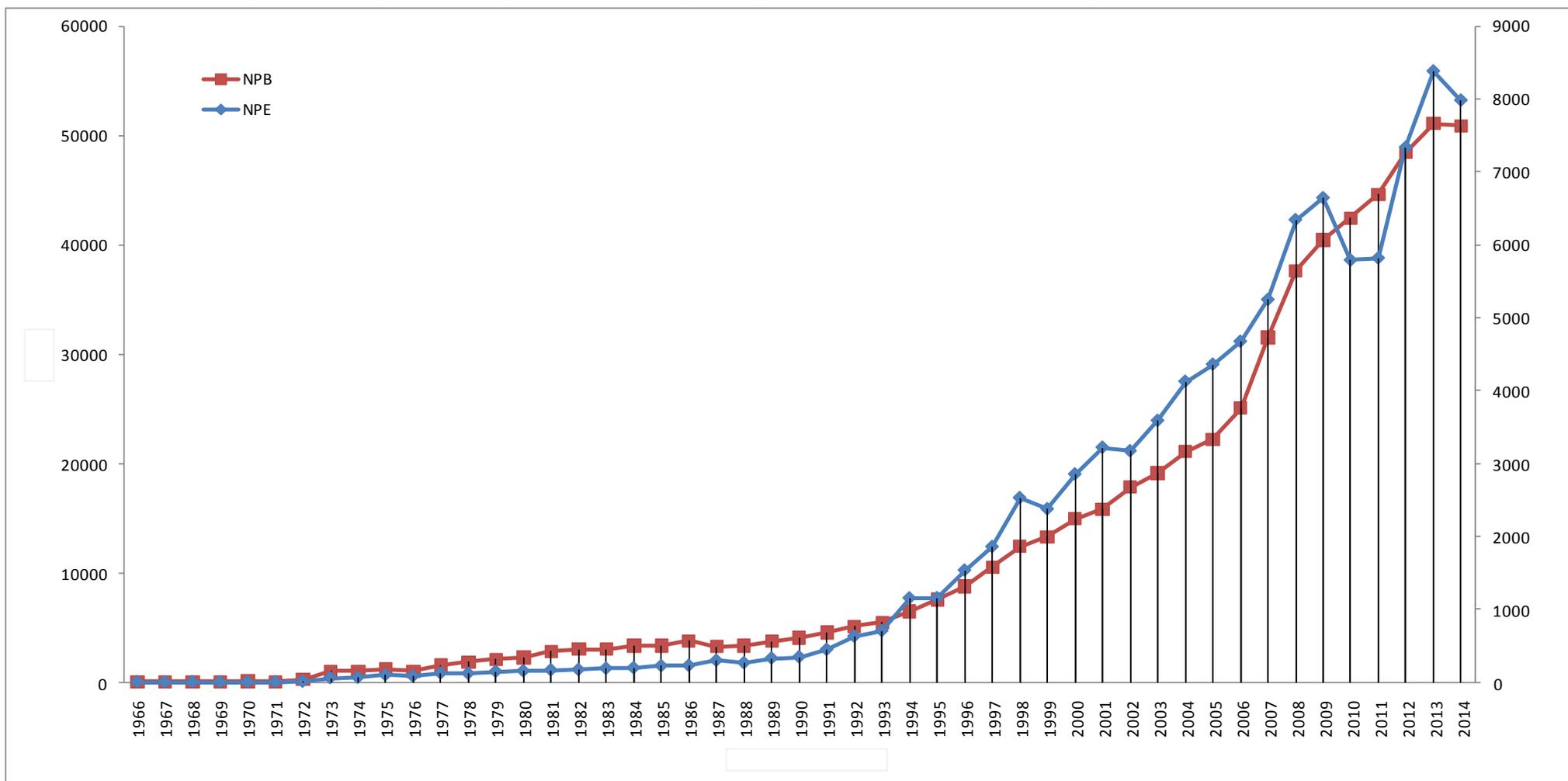
O cenário apresentado traz a alusão de que o acúmulo (coluna G) de 38,78% das publicações nos primeiros 40 anos (1966-2005) e de 61,22% nos últimos nove anos (2009-2014), semelhante aos percentuais acumulados da Ciência brasileira (coluna H) representa um crescimento absoluto ou progresso contínuo da Engenharia, porém o crescimento médio anual de 12,53% (coluna I) demonstrou intensidade irregular, oscilando em intervalos de elevação e decréscimo. Mesmo assim, o número de eventos com valores negativos não interferiu no crescimento da produção que se revelou superior ao da Ciência brasileira na maior parte do tempo (constatou-se crescimento superior em 22 dos 41 anos analisados), fato que pode estar associado aos investimentos do CNPq na área de Engenharia desde 2000.

⁶O CNPQ disponibiliza os valores de Investimentos em CT&I a partir de 2000 em: <<http://fomentonacional.cnpq.br/dmfomento/home/fmthome.jsp>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

Ressalta-se ainda que o crescimento médio da Ciência brasileira fixado em 9,83% (coluna J) foi ligeiramente inferior ao da Engenharia. Essa taxa pode ser comparada com outros estudos: Almeida e Guimarães (2013), por exemplo, observaram crescimento de 10,7% nos artigos de revisão entre 1983 e 2013; Glänzel, Leta e Thijs (2006) verificaram crescimento médio entre 8% e 9% no período de 1991 a 2003 (artigos, cartas, notas e revisões), Vanz (2009) obteve 6,3% entre 2004 e 2006. O crescimento médio anual da Engenharia nacional foi estabelecido por Fink et al. (2013) em 9,5% para artigos (2000 e 2009). Essa taxa é bem próxima a 9,9% da presente dissertação, calculada a partir dos dados da tabela no mesmo período que o estudo anterior. Os autores ainda argumentam que o país acompanhou as taxas mundiais de crescimento da produção em C&T durante a última década em todas as áreas, exceto em Ciência da Computação e Física. Nas Ciências Agrárias, o Brasil saltou de 3,1% (2000-2004) para 6,8 % (2005-2009) e na área da Engenharia, apresentou crescimento de 9,5% ao ano entre 2000-2009, ficando a frente de áreas como: Geociências (8,7%), Neurociências (8,6%), Ciência dos Materiais (8,2%), Matemática (8,2%), Química (8,0%), Ciência da Computação (7,4%), Física (3,0%) e Ciências Espaciais (3,6%).

Os comentários anteriores acerca da evolução das publicações nacionais a partir da segunda metade da década de 90 (1994) até 2014, bem como as flutuações na produtividade em Engenharia promovidas pelo acréscimo de revistas nacionais e anais de evento podem ser melhor visualizadas no gráfico representado na **Figura 6**, a seguir:

Figura 6 – Relação da evolução temporal das publicações da Ciência brasileira e de Engenharia (1966-2014)



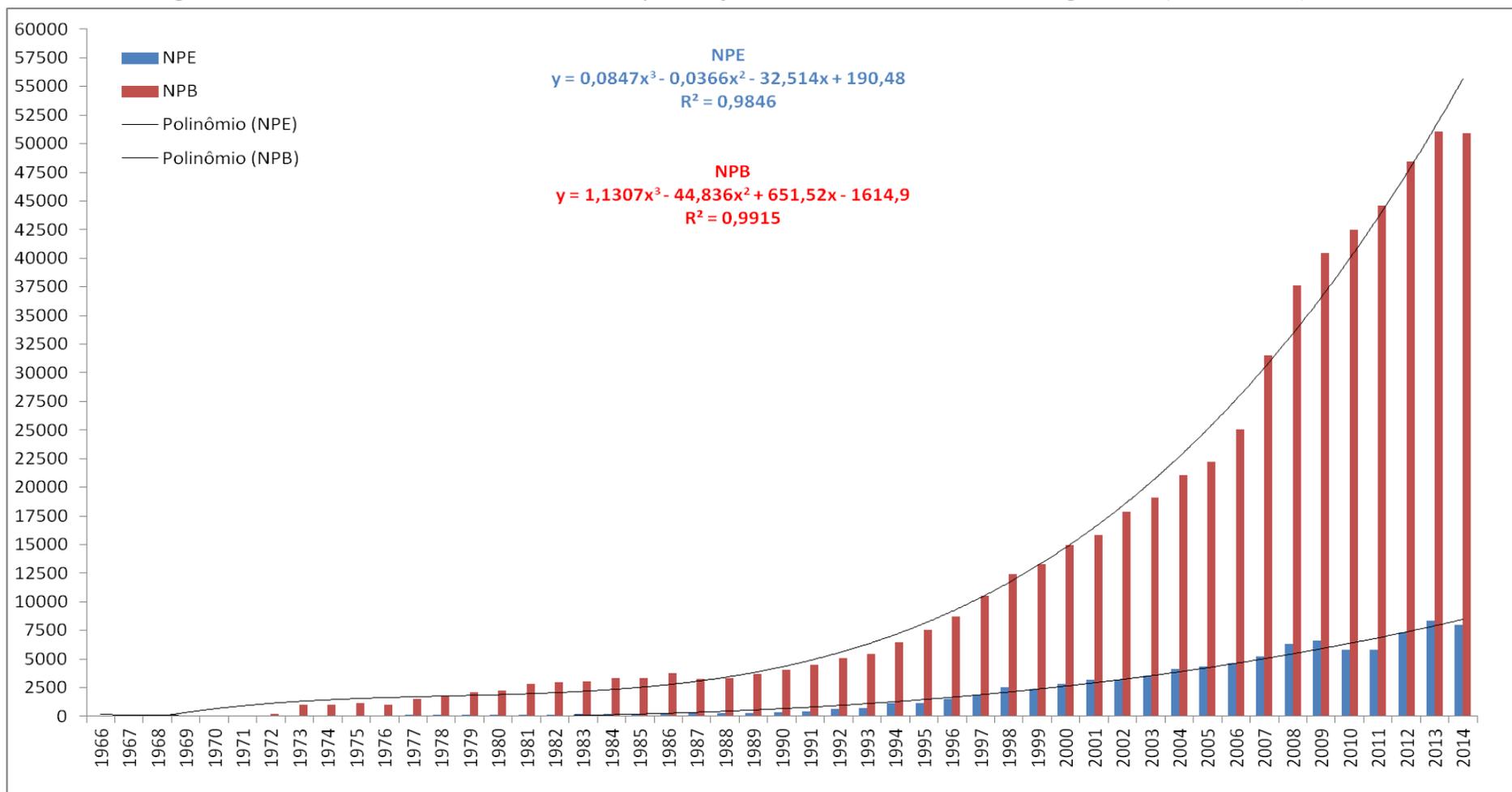
Fonte: dados da pesquisa

Legenda: **NPE**= número de publicações nacionais de Engenharia; **NPB**= número de publicações da Ciência brasileira.

A seguir, são apresentadas comparações estatísticas entre as publicações da Ciência brasileira (NPB) e de Engenharia brasileira (NPE) com base em duas temporalidades distintas: o período completo (1966-2014) e um recorte temporal de 1994 a 2014, época em que NPE apresentou maior estabilidade. Sabe-se que uma linha de tendência é mais confiável quando o valor de R-quadrado se aproxima/igual a de/a 1. Em virtude disso, pode ser interessante investigar como ocorre o ajuste das linhas de tendência do comportamento temporal nestes dois períodos.

Na **Figura 7**, a seguir, apresenta-se a dinâmica de NPE e NPB ao longo de 48 anos. Nesta comparação, os valores de ambas as produções se ajustaram melhor à linha de tendência polinomial de ordem 3, devido às flutuações ocorridas. O R-quadrado de 0,9846 (NPE) e 0,9915 (NPB) significa que as linhas se ajustaram perfeitamente ao dados.

Figura 7 – Dinâmica do crescimento anual das publicações da Ciência brasileira e de Engenharia (1966 a 2014)



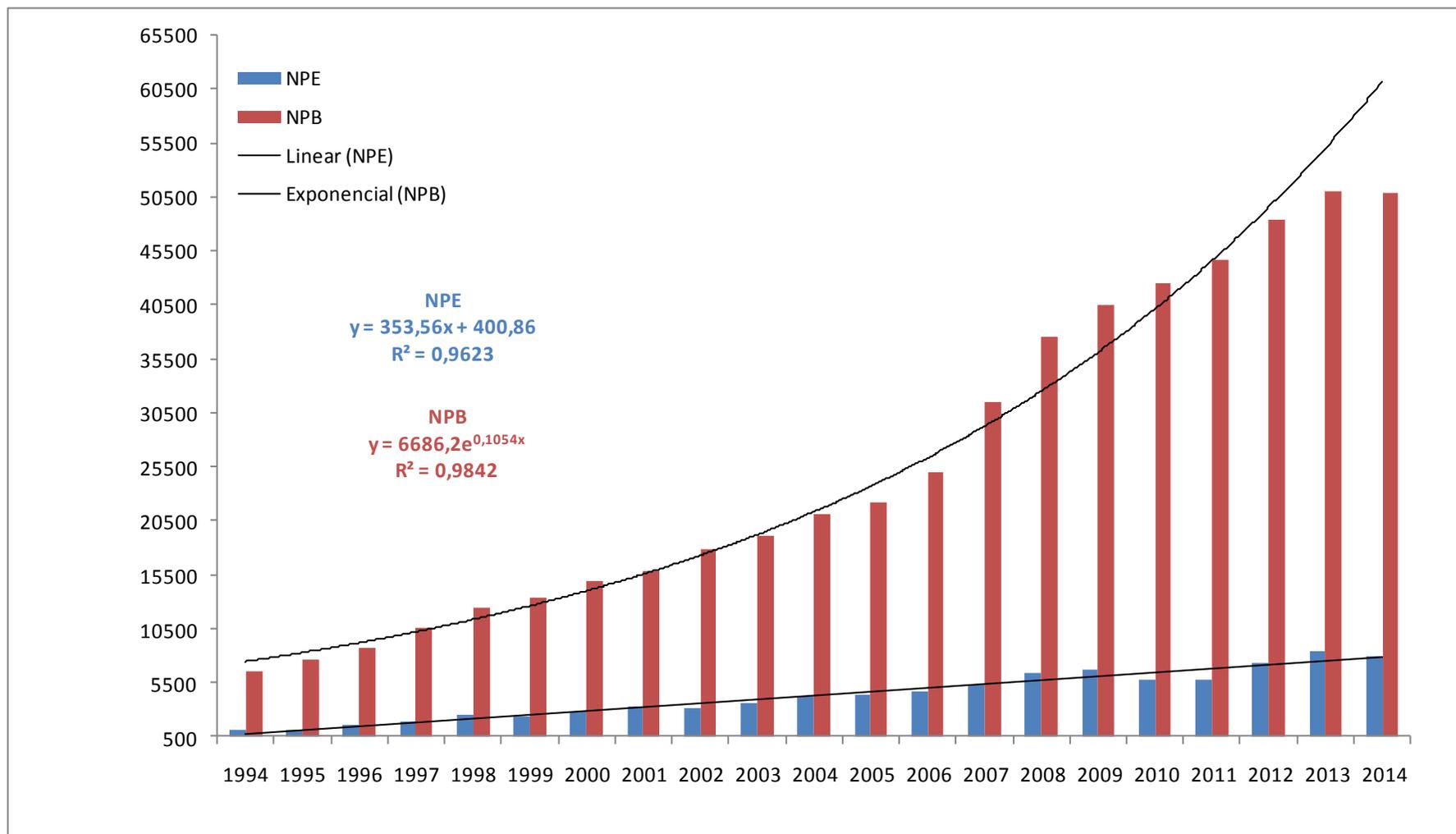
Fonte: dados da pesquisa

Legenda: **NPE**= número de publicações nacionais de Engenharia; **NPB**= número de publicações da Ciência brasileira.

A investigação comportamental de NPE e NPB entre 1994 e 2014 demonstrou que os valores de NPB se ajustam melhor em uma linha de tendência exponencial, pois seus valores aumentaram com velocidade ao longo do tempo. O R-quadrado de 0,9915 significa que a linha se ajusta perfeitamente ao modelo exponencial.

O novo cenário sugere que NPE apresentou padrões estáveis de crescimento a partir de 1994, segundo o ajuste dos valores na linha de tendência linear. O coeficiente de determinação (R^2) de 0,9846 indica uma adequação quase perfeita ao modelo, no qual 98,46% das publicações seguiram padrões estáveis de evolução temporal.

Figura 8 – Recorte temporal do crescimento das publicações da Ciência brasileira e de Engenharia (1994 a 2014)



Fonte: dados da pesquisa

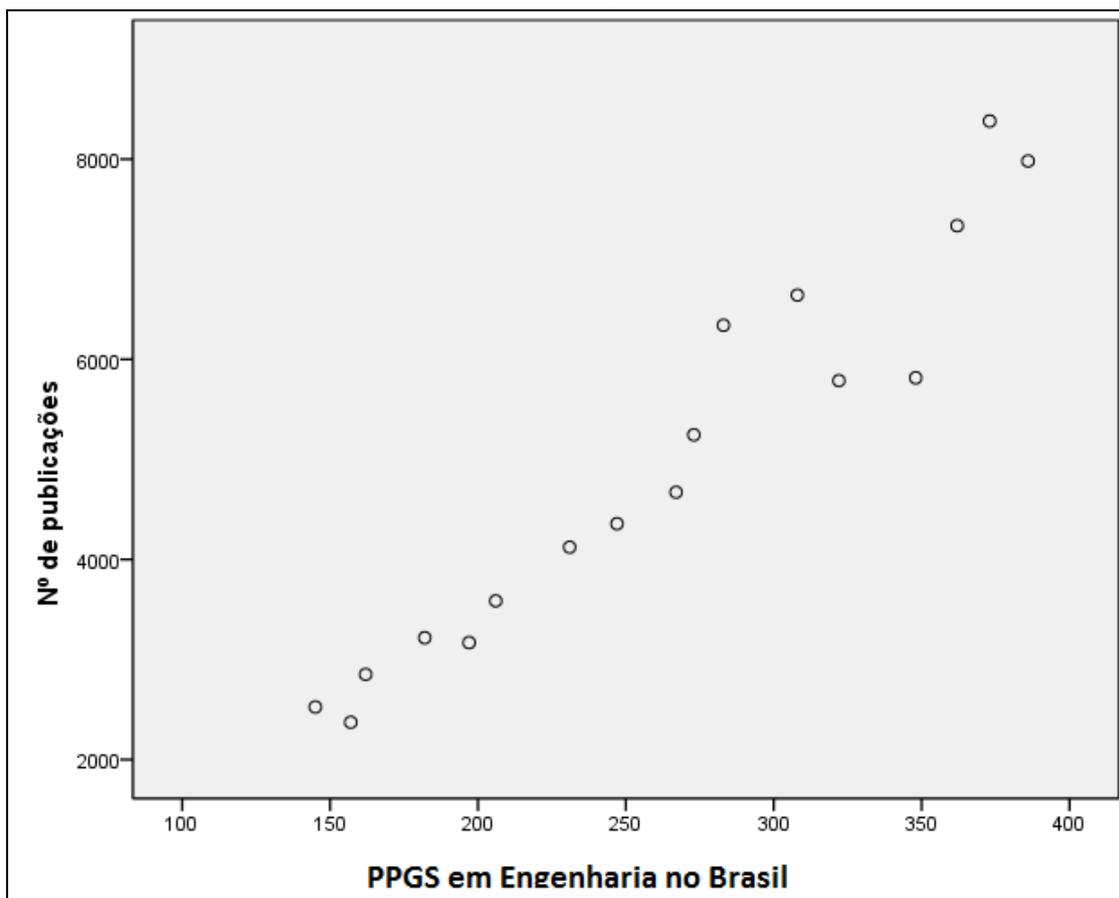
Legenda: **NPE**= número de publicações nacionais de Engenharia; **NPB**= número de publicações da Ciência brasileira.

Em ambos os modelos, ocorreu evolução no número de publicações. Os modelos de crescimento a partir de 1994 representam velocidade para a Ciência brasileira e estabilidade para a Engenharia. Considera-se que o modelo polinomial representou melhor o comportamento da produção científica nacional em Engenharia ao longo do tempo, pois ponderou as oscilações.

Outro fator associado à evolução do número de publicações da Engenharia se refere à expansão dos seus PPGs, tanto em quantidade, como também qualitativamente. No início dos anos 50, a pós-graduação brasileira buscou formar professores; nos anos 80, o sistema buscou desempenho e qualidade; nos anos 90 a preocupação recaiu sobre o desenvolvimento da pesquisa nas universidades. Recentemente, o SNPG se direciona para produção de tecnologia e inovação e para o fortalecimento das redes de cooperação com o setor produtivo.

O conhecimento em C&T é produzido e propagado para a sociedade através dos PPGs, que atuam na vanguarda da pesquisa nacional e internacional. Ser pesquisador no Brasil é sinônimo de ser professor/orientador de um PPG (LETA, 2012). Como mencionado anteriormente (p. 42), o crescimento médio do número de PPGs foi 6,31% (1998/2014). Comparativamente, o crescimento médio da produção científica nacional em Engenharia foi de 12,53% para quatro décadas (aproximadamente), e de 9,66% para o período entre 1998 e 2014, maior do que o crescimento de PPGs. Decidiu-se examinar se este incremento no número de PPGs possui relação com a evolução da produção científica no mesmo período. Para tanto, utilizou-se o teste de correlação de Pearson, uma medida considerada apropriada para aferir a correlação linear entre duas variáveis distintas (**Figura 9**).

Figura 9 – Representação simultânea da evolução temporal de PPGs e das publicações nacionais de Engenharia (1998-2014)



Fonte: dados da pesquisa

Quando as variáveis se dispõem em pares num gráfico de dispersão, significa que a variação de um aspecto (no caso o aumento do número de PPGs) é acompanhada pela variação da outra característica (aumento do número de publicações). Existe correlação linear quando a nuvem de pontos é ajustada a uma reta. O índice de correlação de 0,965 (muito próximo a 1), confirma a força relacional entre o crescimento dos valores de PPGs e da produção científica.

De acordo com o Plano Nacional de Pós-Graduação (PNPG) 2011-2020 (CAPES, 2010), o sistema está longe de estar saturado, pelo contrário, é relativamente pequeno e recente e demonstra potencial de crescimento ativo na próxima década, não só em quantidade de programas, mas também em qualidade. Em comparação com as Humanidades (31% do contingente de matrículas), Saúde e Ciências Biológicas (27% do contingente de matrículas), a Engenharia é proporcionalmente menor (11% do contingente de matrículas), fato atribuído a um déficit histórico de engenheiros no

país. Esta situação deve mudar para atender às ênfases do PNPG face aos desafios e gargalos da agenda nacional de pesquisa, principalmente na área da construção civil, pré-sal e setor de petróleo e gás. Para Rocha Neto (2011), até 2020, todo o sistema de pós-graduação brasileiro poderá crescer (em torno de) 55% na direção das linhas emergentes nas quais o Brasil tenha condições de competitividade dentro do mercado internacional como, por exemplo, petróleo, energias renováveis, recursos hídricos (Amazônia Azul, para a exploração da plataforma continental), indústria e saúde.

Complementa-se as características da evolução temporal da Engenharia geral por meio da investigação da temporalidade das suas 13 subáreas. Inicialmente, distribuem-se na **Tabela 3**, a frequência de publicações por subárea e sua contribuição para a Engenharia e Ciência brasileira. O crescimento médio anual das subáreas foi comparado com o crescimento médio anual da Engenharia, de 12,53%.

Tabela 3 – Produtividade das subáreas de Engenharia (1973-2014)

Subárea	NPS	%NPE	%NPB	%MÉDIA
Multidisciplinar	27025	28,43	4,48%	20,02
Elétrica	24268	25,53	4,02%	12,77
Materiais e Metalúrgica	20962	22,05	3,47%	10,81
Nuclear	9722	10,23	1,61%	12
Química	8928	9,39	1,48%	12,47
Sanitária	6838	7,19	1,13%	13,75
Mecânica	5597	5,89	0,93%	11,92
Biomédica	4782	5,03	0,79%	10,46
Naval & Oceânica	4716	4,96	0,78%	8,82
Civil	4295	4,52	0,71%	15,5
Produção	2807	2,95	0,47%	15,06
Minas	2076	2,18	0,34%	9,96
Aeroespacial	793	0,83	0,13%	2,81
TOTAL	122809	95069	603250	..

Fonte: dados da pesquisa; Legenda: **NPS**= número de publicações por subárea; **NPE**=número de publicações nacionais de Engenharia (o **%NPE** foi calculado sobre o número total de publicações da Engenharia: 95.069; **NPB**= número de publicações da Ciência brasileira; **MÉDIA**= crescimento médio anual; .. não se aplica dado numérico.

As subáreas que mais contribuíram para a Engenharia e também para a Ciência brasileira foram: Engenharia Multidisciplinar (28,43% e 4,48%), Engenharia Elétrica (25,53% e 4,02%), Engenharia de Materiais e Metalúrgica (22,05% e 3,47%), Engenharia Nuclear (com 10,23% e 1,61%) e Engenharia Química (ainda que em menor proporção, com 9,39% e 1,48%). Estes resultados denotam o interesse por pesquisas sobre questões interdisciplinares em Ciência da Computação; Matemática e Educação

na Engenharia; tecnologias de gestão de energia elétrica e nuclear, materiais sofisticados (biomateriais), energias renováveis, bioreatores e também a aplicação da tecnologia na Medicina (radiação, ressonância magnética, nanotecnologia). Ressalta-se que a Engenharia Multidisciplinar e Engenharia Nuclear foram as duas áreas pioneiras em presença de publicação na WoS, verificada a partir do *corpus* da pesquisa. Vale lembrar ainda que o setor de siderurgia, historicamente, foi o primeiro a impulsionar a industrialização do Brasil após o período pós-guerra (NUNES, 1994).

Guimarães, Oliveira e Prata (2007) verificaram que as subáreas de Engenharia que mais publicaram no mundo no quinquênio 2001-2005 foram: Engenharia de Materiais, Engenharia Elétrica, Engenharia Mecânica, Engenharia Química, e Engenharia Aeroespacial, tendência acompanhada pela produção científica nacional no estudo supracitado, porém o Brasil demonstrou desempenho relativo mais acentuado nas subáreas de Materiais, Química e Aeroespacial (46% versus 37% da produção relativa das três subáreas no mundo). Para fins de comparação, o percentual observado nas áreas mencionadas nesta dissertação foi de 49,30%, ou seja, bem próximo ao dos autores, que consideram a aplicação dos conhecimentos gerados pelos grupos de pesquisa em Engenharia de Materiais e Metalúrgica (na forma de publicações) subaproveitada no segmento industrial, havendo necessidade de maior interação no país entre os setores acadêmico e produtivo.

A respeito das taxas médias de crescimento anual por subárea, a Engenharia Multidisciplinar (20,02%) também se destaca como a subárea com maior média, seguida pela Engenharia Civil (15,50%) e pela Engenharia de Produção (15,06%). Estas subáreas ultrapassaram a média da Engenharia geral, estabelecida em 12,53%. O resultado verificado para Engenharia Multidisciplinar já era esperado em virtude de ser a subárea com maior volume de publicações (27.025). A interdisciplinaridade é uma característica presente na grande área de Engenharia, tanto no que se refere a pesquisas científicas, quanto à atividade profissional e tecnologias desenvolvidas, o que torna cada vez mais difícil estabelecer limites dentro deste domínio. É comum que os pesquisadores publiquem em periódicos de outras áreas e também é comum que um periódico classificado em uma subárea tradicional como a Engenharia de Materiais

e Metalúrgica também receba a classificação em Engenharia Multidisciplinar, o que justifica o crescimento da produção vinculada a esta subárea ao longo dos anos.

A Engenharia Civil aparece como a segunda subárea com maior crescimento médio anual (15,50%) no número de publicações. Esta subárea conservadora é a mais procurada para formação superior no país (OLIVEIRA et al., 2013) e faz parte do grupo de Engenharias I, que aumentou o número de PPGs, em média, 7,11% (entre 1998 e 2014, conforme Tabela 1), provavelmente pelo interesse em pesquisas relacionadas com estruturas de mobilidade urbana e meio ambiente.

Em relação à sua produção científica, o documento de área triênio 2013 da CAPES aponta que as publicações em periódicos centrais está defasada, quando comparada aos demais grupos, porém, os avaliadores são otimistas e afirmam que este cenário está em processo de mudança, devido ao papel da Engenharia Civil para o desenvolvimento econômico das nações e também para a desejável associação entre pesquisa e setor produtivo.

De acordo com Soares (2014), o setor de construção civil foi um dos maiores responsáveis pelo crescimento econômico do Brasil no período entre 1990 a 2010, representando 8,5% do produto interno bruto (PIB). A partir de 2004, após um período de instabilidade, o setor da construção civil se reergueu através de investimentos do governo brasileiro em políticas habitacionais e saneamento, o que pode ter favorecido o interesse pela pesquisa em Engenharia Civil, alavancando o número de publicações desde 2003.

A Engenharia de Produção apresentou a terceira maior média de crescimento anual (15,06%), similar à Engenharia Civil. Está contemplada no grupo de Engenharias III, cujo número de PPGs cresceu 6,67% (Tabela 1). Na década de 90, a Engenharia de Produção acelerou seu crescimento quando o conhecimento passou a ser visto como um dos capitais mais importantes no setor empresarial mundial (FAÉ; RIBEIRO, 2005; OLIVEIRA; BARBOSA; CHRISPIM, 2005). Chama atenção o fato dos PPGs nacionais terem surgido antes mesmo da graduação. A alta demanda verificada a partir de 1997 através das mudanças na LDB de 1996 ocasionou um aumento significativo da graduação em várias modalidades de Engenharia, criando uma demanda de vagas na pós-graduação em Engenharia de Produção, tanto para receber os egressos dos cursos

de graduação existentes nesta subárea, como também para os egressos de cursos em outras áreas, interessados em conhecimentos de pesquisa num campo que se revelava promissor.

O crescimento médio das demais subáreas revelou-se bem próximo aos 12,53% da Engenharia: Engenharia de Materiais e Metalúrgica (12,77%), Engenharia Química (12,47%), Engenharia Nuclear (12,00%), Engenharia Mecânica (11,92%), Engenharia Elétrica (10,81%), Engenharia Biomédica (10,46%), Engenharia de Minas (9,96%) e Engenharia Naval e Oceânica (8,82%). A exceção foi a Engenharia Aeroespacial, com (2,82%), crescimento médio muito inferior ao esperado por uma subárea que nasceu nas dependências do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) nos anos 60 para revolucionar o ensino superior de Engenharia no Brasil e alavancar o crescimento tecnológico brasileiro no setor aéreo/espacial.

A seguir, as publicações foram agrupadas por quinquênio, com base em 1975, devido ao pequeno número de publicações (148) verificado entre 1966 e 1974.

Tabela 4 – Produtividade por quinquênio das subáreas de Engenharia (1966-2014)

Subárea	1966-1969	1970-1974	1975-1979	1980-1984	1985-1989	1990-1994	1995-1999	2000-2004	2005-2009	2010-2014	TOTAL	%MÉDIA
Aeroespacial	0	6	9	14	17	67	143	204	201	132	793	
%TC quinquenal			Base	55,56	21,43	294,12	113,43	42,66	-1,47	-34,33	..	39,89
Biomédica	0	1	20	14	45	69	280	755	1408	2190	4782	
%TC quinquenal			Base	-30,00	221,43	53,33	305,80	169,64	86,49	55,54	..	79,86
Civil	1	1	21	43	69	248	498	566	1206	1642	4295	
% TC quinquenal			Base	104,76	60,47	259,42	100,81	13,65	113,07	36,15	..	72,44
Elétrica	0	31	155	180	250	646	2636	4207	7131	9032	24268	
% TC quinquenal			Base	16,13	38,89	158,40	308,05	59,60	69,50	26,66	..	66,22
Materiais e Metalúrgica	0	28	126	228	325	789	2178	4040	5666	7582	20962	
%TC quinquenal			Base	80,95	42,54	142,77	176,05	85,49	40,25	33,82	..	66,89
Mecânica	0	10	30	29	40	166	479	873	1641	2329	5597	
%TC quinquenal			Base	-3,33	37,93	315,00	188,55	82,25	87,97	41,93	..	72,29
Minas	0	2	7	20	35	72	372	335	547	686	2076	
%TC quinquenal			Base	185,71	75,00	105,71	416,67	-9,95	63,28	25,41	..	77,38
Multidisciplinar	1	9	71	136	175	634	2290	5442	8765	9502	27025	
%TC quinquenal			Base	91,55	28,68	262,29	261,20	137,64	61,06	8,41	..	84,42
Naval & Oceânica	0	10	35	43	59	229	717	901	1393	1329	4716	
%TC quinquenal			Base	22,86	37,21	288,14	213,10	25,66	54,61	-4,59	..	57,55
Nuclear	0	35	131	181	305	462	956	1663	2375	3614	9722	
%TC quinquenal			Base	38,17	68,51	51,48	106,93	73,95	42,81	52,17	..	51,39
Produção	0	1	3	5	11	81	366	509	828	1003	2807	
%TC quinquenal			Base	66,67	120,00	636,36	351,85	39,07	62,67	21,14	..	106,79
Química	0	9	23	63	77	216	744	1375	2451	3970	8928	
%TC quinquenal			Base	173,91	22,22	180,52	244,44	84,81	78,25	61,97	..	90,39
Sanitária	0	5	20	53	126	367	629	914	1736	2988	6838	
%TC quinquenal			Base	165,00	137,74	191,27	71,39	45,31	89,93	72,12	..	86,98
TOTAL QUINQUÊNIO	2	148	651	1009	1534	4046	12288	21784	35348	45999	122809	..

Fonte: dados da pesquisa

Nota: .. não se aplica dado numérico.

Legenda: **TC**: Taxa de crescimento; **Média**: crescimento médio por quinquênio, calculado a partir de 1975.

Os primeiros PPGs brasileiros em Engenharia surgiram na década de 60, em subáreas tradicionais como Aeronáutica e Eletrônica (1961), Química, Elétrica, e Minas (1963), Mecânica (1964), Civil (1965). Após a regulamentação da profissão de Engenheiro em 1966, foram surgindo mais PPGs, nas subáreas de Produção, Naval e Oceânica (1967), Nuclear, Materiais e Metalúrgica (1969), Biomédica (1971), e Sanitária (1972). A divisão da produção por subárea em blocos quinquenais pode auxiliar a expor com mais clareza os principais momentos do desempenho das subáreas.

Na primeira metade da década de 80, apesar do baixo número de publicações, se destacam em relação às taxas de crescimento quinquenal, a Engenharia de Minas (185,71%), Engenharia Química (173,91%), Engenharia Sanitária (165,00%), Engenharia Civil (104,76%) e Engenharia de Materiais e Metalúrgica (80,95%). Estas taxas podem refletir os esforços dos pesquisadores brasileiros nas subáreas mencionadas para contornar a crise energética verificada ao final da década de 70, quando os países emergentes empregaram esforços para adequar sua estrutura de apoio à indústria, mobilizando os setores energéticos, transportes, educação, além da diversificação da siderurgia e da petroquímica, setores estratégicos para o progresso econômico do país (NUNES, 1994). A descoberta da finitude do petróleo na natureza desencadeou uma crise energética e econômica em todo o mundo, obrigando as nações a buscar alternativas energéticas renováveis e econômicas.

Na segunda metade da década de 80, a Engenharia Biomédica se recuperou de uma queda de -30% em relação ao quinquênio anterior e apresentou o maior crescimento no período (221,43%), seguida por Engenharia Sanitária (137,74%) e a Engenharia de Produção (120,00%). A pós-graduação em Engenharia Biomédica foi criada com o objetivo de promover a interdisciplinaridade (até então pouco promovida pela Ciência brasileira) entre Engenharia e Medicina. Antes do seu surgimento, a relação entre as áreas era de responsabilidade da Engenharia Elétrica e Eletrônica, subáreas de onde vieram os primeiros alunos do curso de mestrado em Engenharia Biomédica (PROGRAMA..., 2011).

As maiores taxas de crescimento em todas as subáreas foram verificadas na década de 90, pois neste período, foi aprovada a nova Lei de Diretrizes e Bases da

Educação (LDB/1996), responsável por promover maior liberdade para criação de novas Instituições de Ensino Superior no País, ampliando o número de cursos de Engenharia em instituições privadas, devido à alta demanda por Engenheiros especializados (OLIVEIRA; ALMEIDA, 2010).

A subárea com melhor desempenho durante a década de 90 foi a Engenharia de Produção, com crescimento quinquenal de 636,36% (1990-1994) e de 351,85% (1995-1999). Além desta subárea, no primeiro quinquênio da década de 90, também se destacam: Engenharia Mecânica (315,00%) e Engenharia Aeroespacial (294,12%). Já no segundo quinquênio, o crescimento prevaleceu em Engenharia de Minas (416,67%), Engenharia Elétrica (308,05%) e Engenharia Biomédica (305,80%).

No início do século XXI, a Engenharia Biomédica segue se destacando, com 169,64% de crescimento da sua produção científica. A Engenharia Multidisciplinar também se destaca com 137,64% de crescimento. Em situação oposta, a Engenharia de Minas não conseguiu estabilizar o crescimento após o seu maior pico no quinquênio anterior e decresce -9,95% neste período.

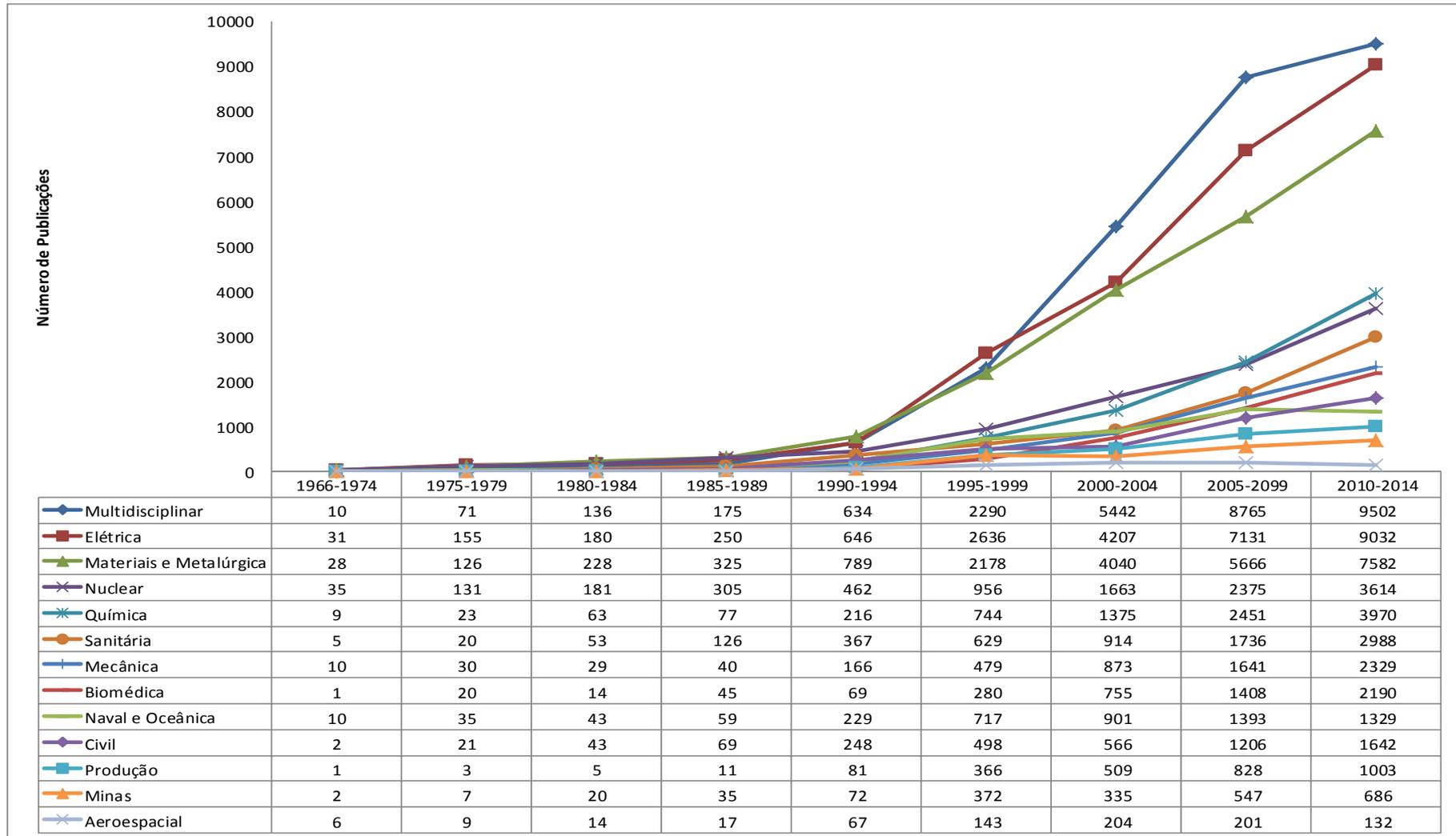
No quinquênio seguinte (2005-2009), o crescimento mais significativo ocorreu para a Engenharia Civil (113,07%) e também para a Engenharia Sanitária (89,93%), duas subáreas relacionadas. A Engenharia Sanitária se originou da Engenharia Civil e possui laços estreitos com a Engenharia Ambiental e a Biologia (REIS et al., 2005). Neste período, a Engenharia Aeroespacial apresentou um declínio de -1,47%.

No último bloco analisado (2010-2014), a produção científica nacional em Engenharia Sanitária continuou evoluindo (72,12%), seguida pela Engenharia Química (61,97%). Já a Engenharia Aeroespacial não consegue se recuperar e apresentou seu maior decréscimo (-34,33%). Neste período, a Engenharia Naval e Oceânica apresentou sua primeira queda de produtividade (-4,59%), após crescimento contínuo.

A equiparação do crescimento médio quinquenal da Engenharia (68,09%) com o crescimento médio das subáreas demonstrou, em linhas gerais, que todas as subáreas mantiveram as taxas acima de 40,00%, sendo que a maioria conseguiu se estabelecer acima de 70,00%. O crescimento da Engenharia de Produção (106,79%) se destacou, assim como o da Engenharia Química (90,39%) e Engenharia Sanitária

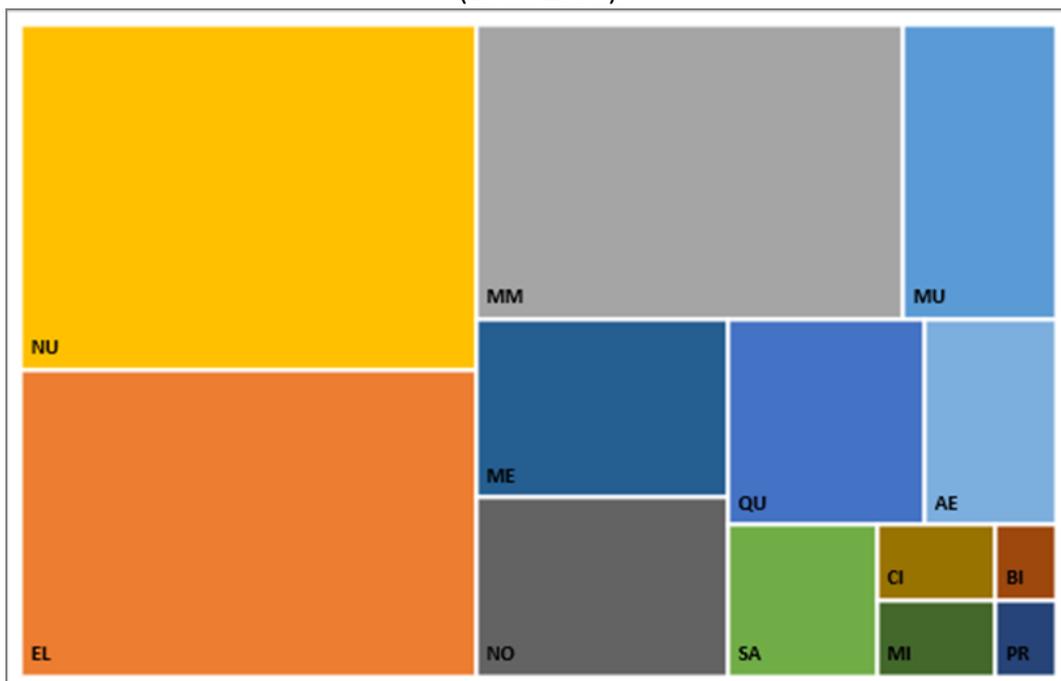
(86,98%). As questões dos processos químicos e ambientais costumam adquirir maior importância a partir de evidências de acidentes e catástrofes e de suas consequências sociais e econômicas para a região afetada. No Brasil, a degradação do ambiente ocorre desde a época da colonização e estende-se ao longo da história, dos ciclos econômicos e do próprio ciclo da tecnologia, o que justifica o interesse por estas subáreas. Em posição antagônica, encontra-se a Engenharia Aeroespacial, com média de crescimento de 39,89%, aquém da média da grande área. A evolução quinquenal das subáreas pode ser melhor visualizada a partir do gráfico de linha, representado pela **Figura 10**. Em seguida, são apresentados mapas de árvore (**Figuras 11 a 19**), os quais fornecem uma representação visual das proporções de cada subárea, distribuídas por quinquênio.

Figura 10 – Evolução temporal da produção científica nacional em Engenharia por subáreas e por quinquênios (1966-2014)



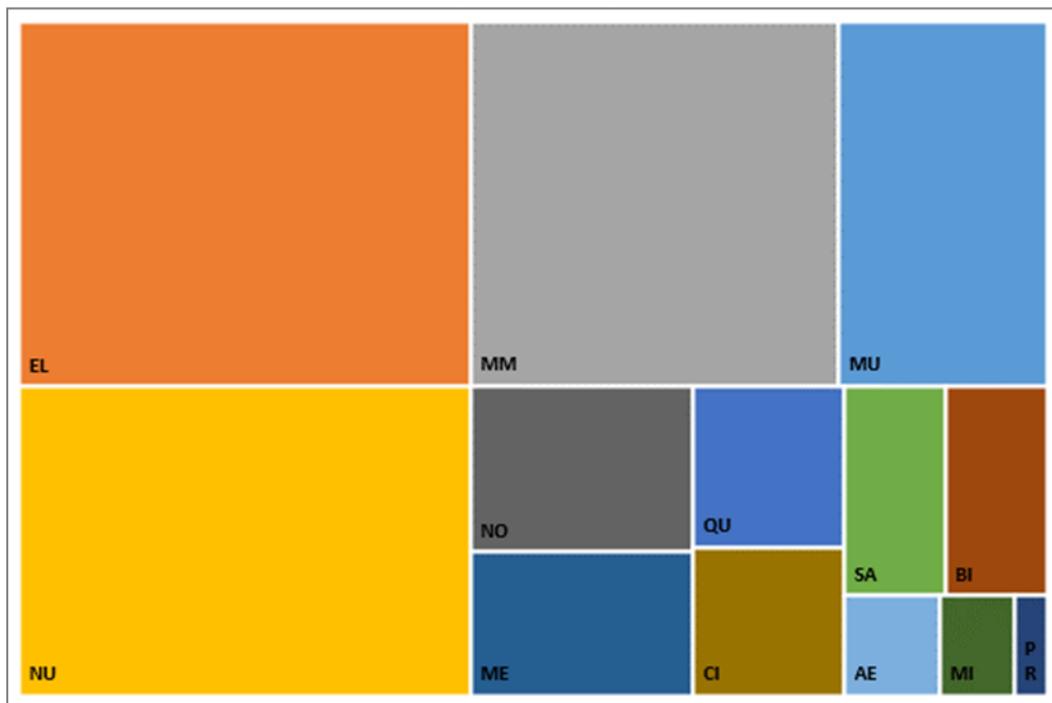
Fonte: dados da pesquisa

Figura 11 – Proporção da produção científica nacional em Engenharia por subáreas (1966-1975)



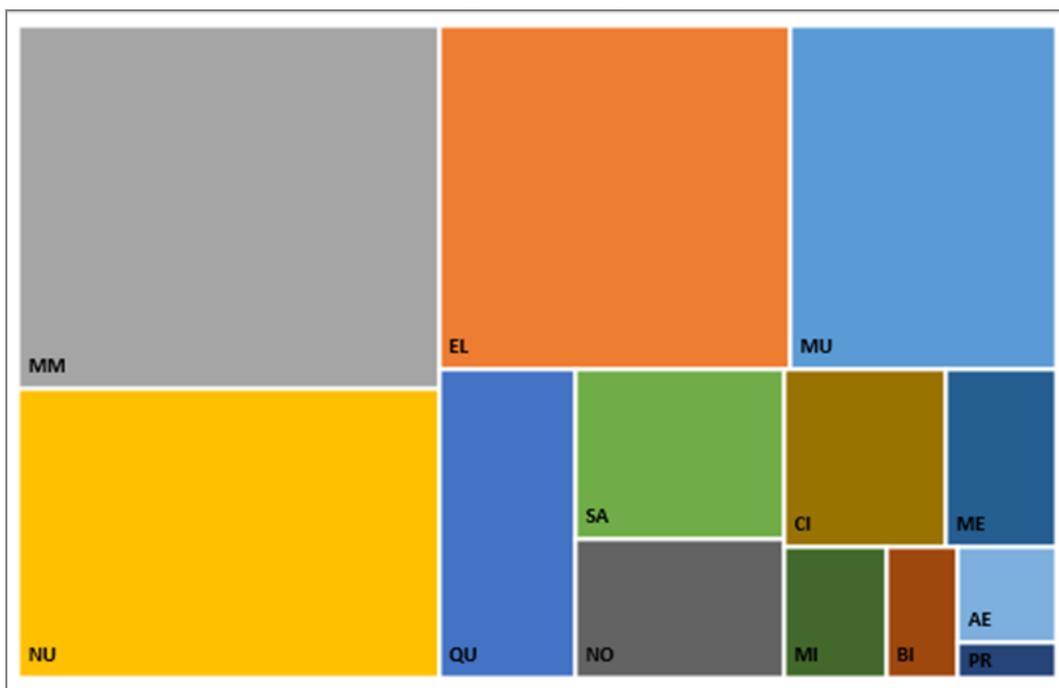
Fonte: dados da pesquisa; Legenda: **AE**= Aeroespacial, **EL**=Elétrica, **BI**=Biomédica, **CI**=Civil, **ME**=mecânica, **MI**= Minas, **MM**= Materiais e Metalúrgica, **MU**=Multidisciplinar, **NO**=Naval e Oceânica, **NU**=Nuclear, **QU**=Química, **SA**= Sanitária, **PR**=produção

Figura 12 – Proporção da produção científica nacional em Engenharia por subáreas (1976-1979)



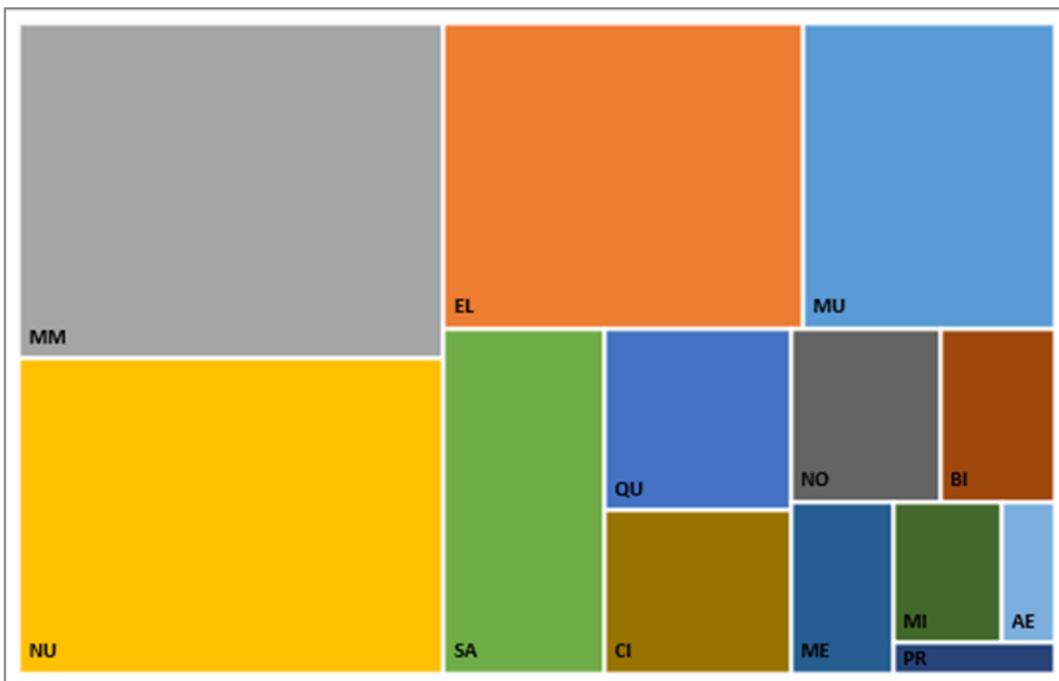
Fonte: dados da pesquisa; Legenda: **AE**= Aeroespacial, **EL**=Elétrica, **BI**=Biomédica, **CI**=Civil, **ME**=mecânica, **MI**= Minas, **MM**= Materiais e Metalúrgica, **MU**=Multidisciplinar, **NO**=Naval e Oceânica, **NU**=Nuclear, **QU**=Química, **SA**= Sanitária, **PR**=produção

Figura 13 – Proporção da produção científica nacional em Engenharia por subáreas (1980-1984)



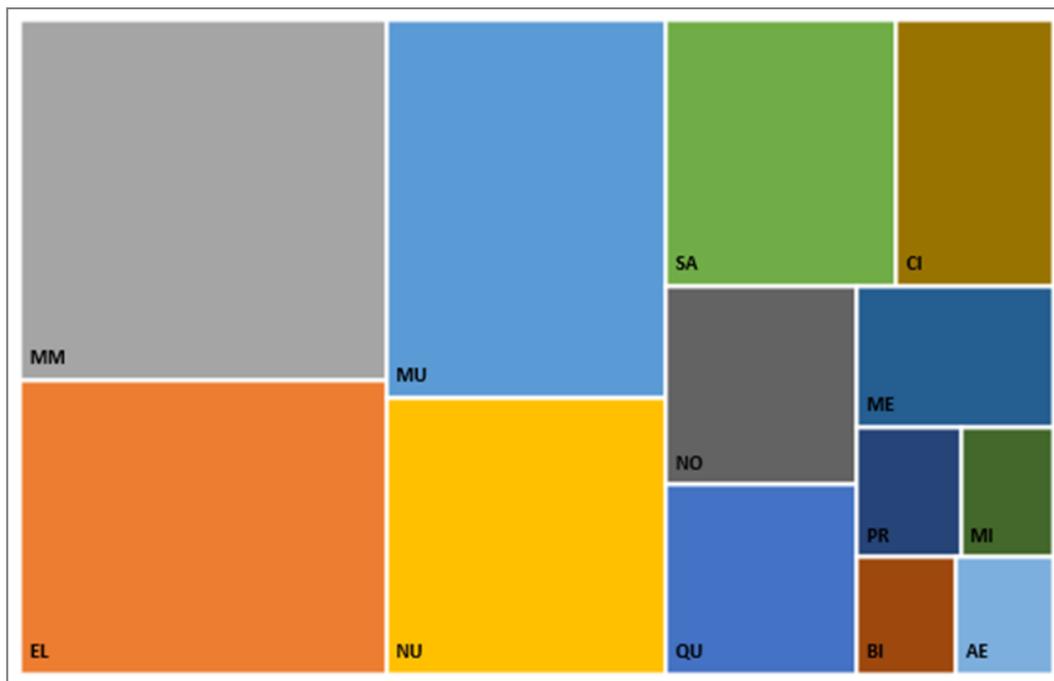
Fonte: dados da pesquisa; Legenda: **AE**= Aeroespacial, **EL**=Elétrica, **BI**=Biomédica, **CI**=Civil, **ME**=mecânica, **MI**= Minas, **MM**= Materiais e Metalúrgica, **MU**=Multidisciplinar, **NO**=Naval e Oceânica, **NU**=Nuclear, **QU**=Química, **SA**= Sanitária, **PR**=produção

Figura 14 – Proporção da produção científica nacional em Engenharia por subáreas (1985-1989)



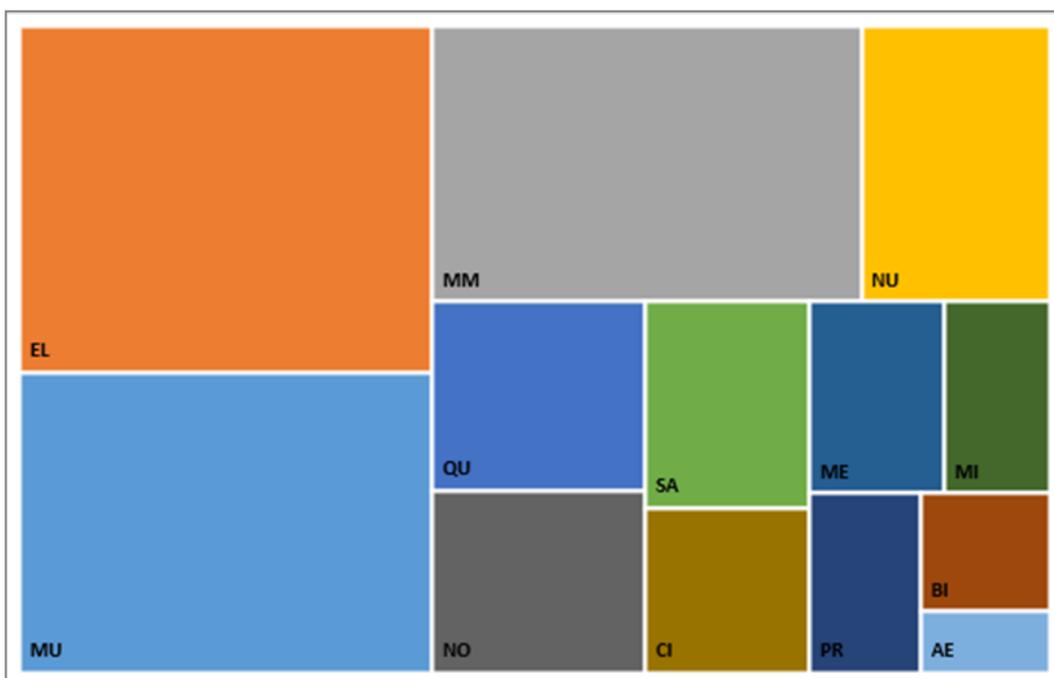
Fonte: dados da pesquisa; Legenda: **AE**= Aeroespacial, **EL**=Elétrica, **BI**=Biomédica, **CI**=Civil, **ME**=mecânica, **MI**= Minas, **MM**= Materiais e Metalúrgica, **MU**=Multidisciplinar, **NO**=Naval e Oceânica, **NU**=Nuclear, **QU**=Química, **SA**= Sanitária, **PR**=produção

Figura 15 – Proporção da produção científica nacional em Engenharia por subáreas (1990-1994)



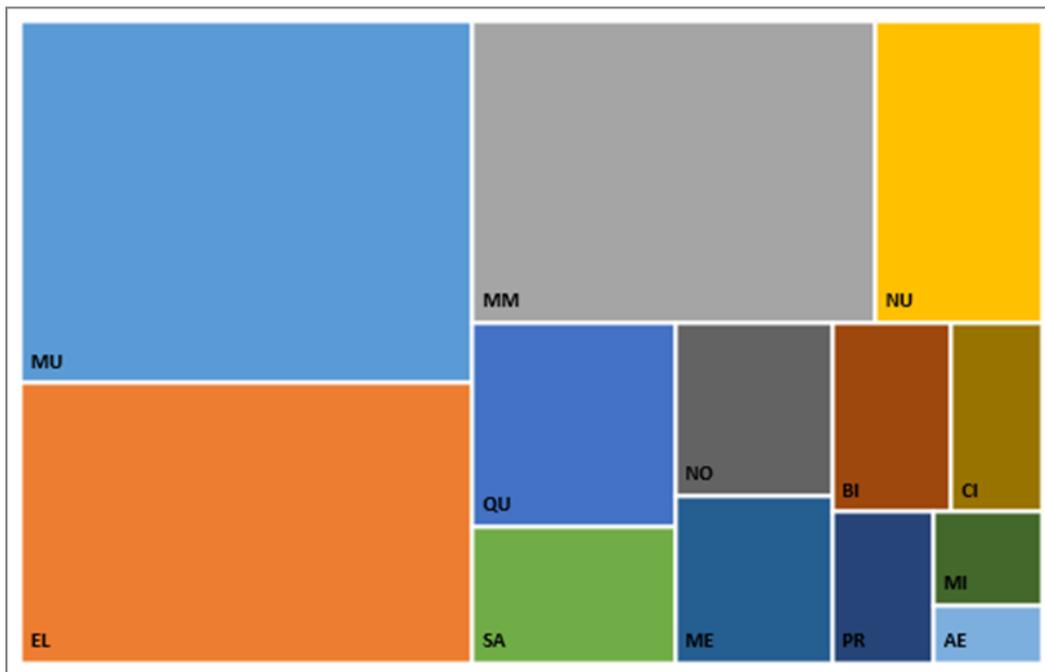
Fonte: dados da pesquisa; Legenda: **AE**= Aeroespacial, **EL**=Elétrica, **BI**=Biomédica, **CI**=Civil, **ME**=mecânica, **MI**= Minas, **MM**= Materiais e Metalúrgica, **MU**=Multidisciplinar, **NO**=Naval e Oceânica, **NU**=Nuclear, **QU**=Química, **SA**= Sanitária, **PR**=produção

Figura 16 – Proporção da produção científica nacional em Engenharia por subáreas (1995-1999)



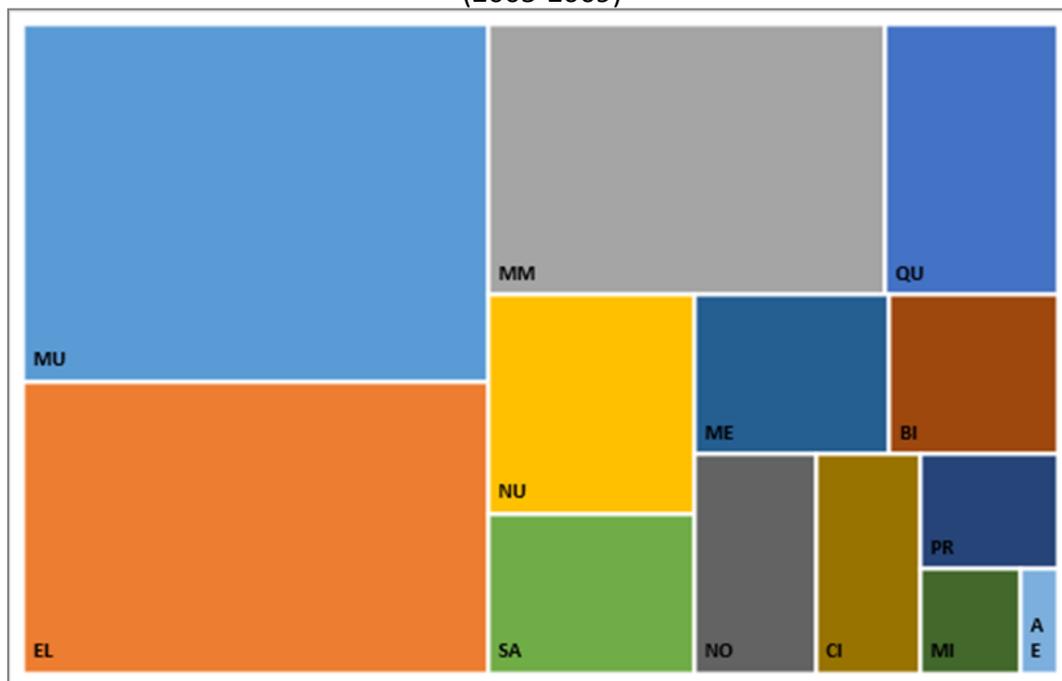
Fonte: dados da pesquisa; Legenda: **AE**= Aeroespacial, **EL**=Elétrica, **BI**=Biomédica, **CI**=Civil, **ME**=mecânica, **MI**= Minas, **MM**= Materiais e Metalúrgica, **MU**=Multidisciplinar, **NO**=Naval e Oceânica, **NU**=Nuclear, **QU**=Química, **SA**= Sanitária, **PR**=produção

Figura 17 – Proporção da produção científica nacional em Engenharia por subáreas (2000-2004)



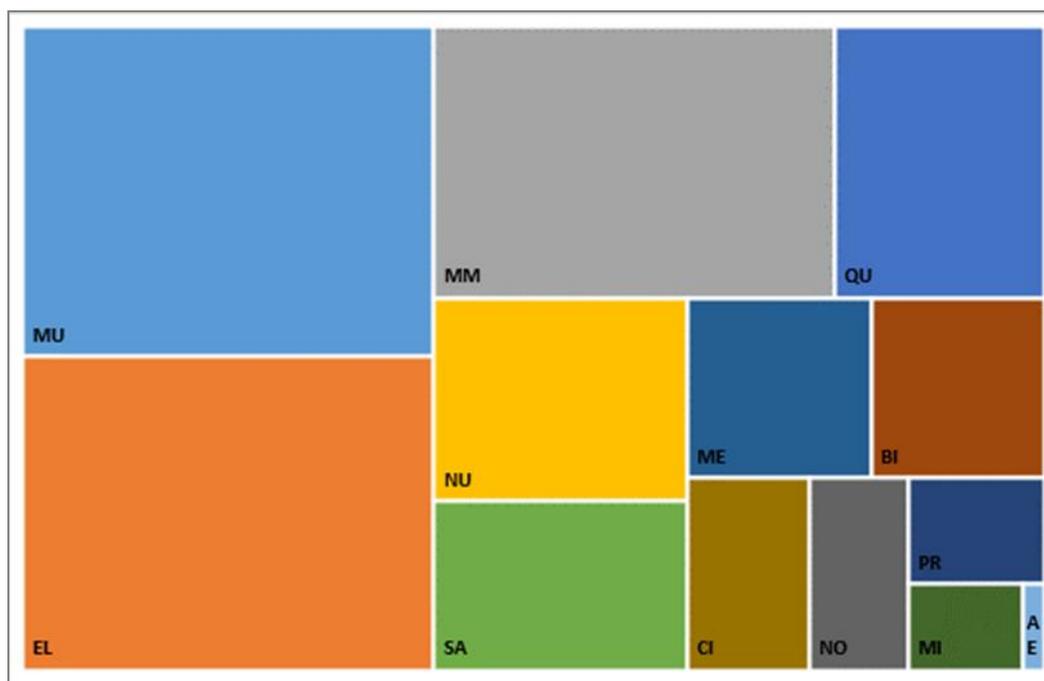
Fonte: dados da pesquisa; Legenda: **AE**= Aeroespacial, **EL**=Elétrica, **BI**=Biomédica, **CI**=Civil, **ME**=mecânica, **MI**= Minas, **MM**= Materiais e Metalúrgica, **MU**=Multidisciplinar, **NO**=Naval e Oceânica, **NU**=Nuclear, **QU**=Química, **SA**= Sanitária, **PR**=produção

Figura 18 – Proporção da produção científica nacional em Engenharia por subáreas (2005-2009)



Fonte: dados da pesquisa; Legenda: **AE**= Aeroespacial, **EL**=Elétrica, **BI**=Biomédica, **CI**=Civil, **ME**=mecânica, **MI**= Minas, **MM**= Materiais e Metalúrgica, **MU**=Multidisciplinar, **NO**=Naval e Oceânica, **NU**=Nuclear, **QU**=Química, **SA**= Sanitária, **PR**=produção

Figura 19 – Proporção da produção científica nacional em Engenharia por subáreas (2010-2014)



Fonte: dados da pesquisa; Legenda: **AE**= Aeroespacial, **EL**=Elétrica, **BI**=Biomédica, **CI**=Civil, **ME**=mecânica, **MI**= Minas, **MM**= Materiais e Metalúrgica, **MU**=Multidisciplinar, **NO**=Naval e Oceânica, **NU**=Nuclear, **QU**=Química, **SA**= Sanitária, **PR**=produção

Os resultados revelaram a importância da investigação da evolução temporal da produção científica de cada subárea separadamente, pois a subdivisão da CAPES em quatro grupos (Engenharias I, II, III e IV) para avaliação trienal dos PPGs pode não ser suficiente para retratar a realidade. Um exemplo é a área de Engenharias III, composta por Mecânica, Produção Aeroespacial, Naval e Oceânica. A Engenharia de Produção e a Engenharia Aeroespacial se distinguem de todas as subáreas, apresentando respectivamente, a maior e a menor taxa de crescimento quinquenal (106,79% e 39,89%). A Engenharia Mecânica apresentou crescimento médio de 72,29%, semelhante ao da Engenharia Civil (72,44%), que pertence ao grupo de Engenharias I. A Engenharia Naval e Oceânica (57,55%) cresceu de forma parecida com a Engenharia Nuclear (51,39%) incluída no grupo de Engenharias II. A partir desta noção, espera-se que outras características sejam exploradas em futuras investigações bibliométricas, auxiliando para uma melhor distribuição da produção científica por subárea e conseqüentemente, em melhorias do processo de avaliação do SNPG.

4.2 Idiomas da produção científica nacional em Engenharia e subáreas

O inglês é considerado a língua franca da ciência, fortalecida pelo *status* de potência econômica e militar dos Estados Unidos após a II Guerra Mundial. Muitos pesquisadores, dependendo da área de atuação, optam pela publicação em inglês em atendimento às exigências do mercado editorial de periódicos científicos (LETA, 2011). Os pesquisadores das áreas experimentais e/ou tecnológicas tendem a publicar mais em revistas internacionais com aceite de submissões em inglês do que pesquisadores das áreas de Ciências Sociais, Ciências da Saúde e Ciências Agrárias (LETA, 2012).

A distribuição dos idiomas da produção científica nacional em Engenharia é pouco dispersa, com a predominância da língua inglesa em 97,46% das publicações, indicando parcialmente a internacionalização da área. Este percentual superou a taxa de 80%, verificada por Leta (2012) para a Ciência brasileira (entre 2001 e 2010) e está próxima das taxas das áreas afins muito internacionalizadas como a Física de Altas Energias, com 99,98% (ALVAREZ, 2015), a Matemática, com 99,49% (QUEIROZ, 2016) e a Química, com 92,08% (MENEZES, 2016). O idioma português apareceu em segundo lugar com apenas 2,21% de representatividade. As publicações, em outros idiomas, segundo a **Tabela 5**, totalizaram 0,33% do total.

Tabela 5 – Idioma das publicações nacionais de Engenharia (1966-2014)

Idioma	NP	%NP
Inglês	92656	97,46
Português	2102	2,21
Espanhol	192	0,20
Francês	68	0,07
Alemão	34	0,04
Romeno	5	0,01
Galês	3	0,00
Italiano	3	0,00
Russo	2	0,00
Japonês	2	0,00
Dinamarquês	1	0,00
Inglês Estoniano	1	0,00
TOTAL	95069	100,00

Fonte: dados da pesquisa

Legenda: NP= número de publicações.

A primeira publicação em português existente no *corpus* da pesquisa é um artigo escrito em coautoria por Saul Gonçalves D'Avila e José Osvaldo Beserra Carioca, classificadona subárea de Engenharia Química e publicado em 1979 pela *Revista Latinoamericana de Ingenieria Quimica y Quimica Aplicada* (Argentina). Saul Gonçalves D'Avila foi o primeiro doutor a defender uma tese pela UFRJ em 1971 e Jose Osvaldo Beserra Carioca obteve os títulos de mestre e doutor pelo mesmo programa em 1972 e 1976, respectivamente. Seu orientador em ambos os níveis foi Saul Gonçalves D'Avila.

A WoS retornou cinco publicações em português no quinquênio 1981-1985 e nenhuma na década seguinte (1986 a 1995). A breve investigação das cinco publicações em português revelou a presença em 1982 de outro artigo da subárea de Engenharia Química, também publicado pela *Revista Latinoamericana de Ingenieria Quimica y Quimica Aplicada*. As outras quatro publicações em português apareceram em 1985 na forma de artigos da subárea de Engenharia Nuclear, publicados pela revista *Radiochimica Acta*, especializada em Química e tecnologia nuclear. Atualmente, esta revista só aceita submissões em inglês.

O detalhamento sobre a dinâmica das publicações nacionais de Engenharia publicadas em português ao longo dos quinquênios pode ser verificado na **Tabela 6**:

Tabela 6 – Idioma das publicações nacionais de Engenharia distribuída por quinquênios (1966-2014)

Idioma	Quinquênio										Total NP por idioma
	1966 - 1975*	1976 - 1980	1981 - 1985	1986 - 1990	1991 - 1995	1996 - 2000	2001 - 2005	2006 - 2010	2011 - 2014		
Inglês	NP	220	601	909	1434	4054	11079	18407	27712	28240	92656
	% NP por Idioma (92656)	0,24	0,65	0,98	1,55	4,38	11,96	19,87	29,91	30,48	100,00
	% NP por quinquênio	99,10	98,85	97,74	99,10	99,51	99,48	99,75	96,60	95,69	(97,46)
Português	NP	0	1	5	0	0	17	0	891	1188	2102
	% NP por Idioma (2102)	0,00	0,05	0,24	0,00	0,00	0,81	0,00	42,39	56,52	100,00
	% NP por quinquênio	0,00	0,16	0,54	0,00	0,00	0,15	0,00	3,11	4,03	(2,21)
Outros Idiomas	NP	2	6	16	13	20	41	46	83	84	311
	% NP por Idioma (311)	0,64	1,93	5,14	4,18	6,43	13,18	14,79	26,69	27,01	100,00
	% NP por quinquênio	0,90	0,99	1,72	0,90	0,49	0,37	0,25	0,29	0,28	(0,33)
Total NP por quinquênio		222	608	930	1447	4074	11137	18453	28686	29512	95069
% NP por quinquênio											(100,00)

Fonte: dados da pesquisa

Nota: *devido à baixa frequência de publicações neste período, reuniu-se 10 anos ao invés de 5. A porcentagem por quinquênio se refere ao NP/total NP por quinquênio.

Legenda: NP= número de publicações.

As ocorrências idiomáticas foram estratificadas com base nos três grupos mais frequentes: inglês, português e outros idiomas. A quantidade de publicações em português até o ano de 2006 era pequena ou inexistente em alguns quinquênios. Entre 1986 e 1995, a WoS não retornou nenhuma publicação em português. As publicações neste idioma voltaram a aparecer no quinquênio 1996-2000, referentes a 17 trabalhos classificados na subárea de Engenharia Sanitária, publicados nos anais da primeira edição da *Brazilian Rainwater Catchment Systems Conference*, evento realizado em 1997 na cidade de Petrolina (PE), com data de publicação dos anais em 1999. No quinquênio seguinte (2001-2005), a WoS não retornou publicações. Praticamente toda produção em português está concentrada no quinquênio 2006-2014 (98,91%).

Segundo Packer (2011), o idioma português representa uma barreira para a visibilidade e uso internacional da produção científica brasileira. Leta (2012) verificou uma tendência à redução de publicações nacionais em inglês e aumento de publicações em português entre 2001 (93,7%) e 2010 (82,4%), fato atribuído à inclusão de revistas brasileiras na WoS em 2007 que aceitam submissões em português.

A seguir, analisa-se a distribuição do idioma por subárea de Engenharia com o intuito de identificar quais subáreas apresentaram publicações em português e as possíveis relações. Os resultados podem ser conferidos na **Tabela 7**:

Tabela 7 – Idioma das publicações nacionais por subárea de Engenharia (1966-2014)

Subárea de Engenharia	NP									
	Inglês	%Inglês	%Total NP	Português	%Português	%Total NP	Outros idiomas	%outros idiomas	%Total NP	Total NP
Engenharia Aeroespacial	793	0,67	100,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	793
Engenharia Biomédica	4650	3,90	97,24	116	3,57	2,43	16	4,27	0,33	4782
Engenharia Civil	3952	3,32	92,01	310	9,53	7,22	33	8,80	0,77	4295
Engenharia de Materiais e Metalúrgica	20142	16,90	96,09	739	22,72	3,53	81	21,60	0,39	20962
Engenharia de Minas	1763	1,48	84,92	310	9,53	14,93	3	0,80	0,14	2076
Engenharia de Produção	2804	2,35	99,89	0	0,00	0,00	3	0,80	0,11	2807
Engenharia Elétrica	23691	19,88	97,62	540	16,60	2,23	37	9,87	0,15	24268
Engenharia Mecânica	5583	4,68	99,75	0	0,00	0,00	14	3,73	0,25	5597
Engenharia Multidisciplinar	26248	22,02	97,12	676	20,78	2,50	101	26,93	0,37	27025
Engenharia Naval e Oceânica	4698	3,94	99,62	12	0,37	0,25	6	1,60	0,13	4716
Engenharia Nuclear	9699	8,14	99,76	4	0,12	0,04	19	5,07	0,20	9722
Engenharia Química	8894	7,46	99,62	2	0,06	0,02	32	8,53	0,36	8928
Engenharia Sanitária	6264	5,26	91,61	544	16,72	7,96	30	8,00	0,44	6838
TOTAL	119.181	100,00	97,05	3253	100,00	2,65	375	100,00	0,31	122.809

Fonte: dados da pesquisa

Legenda: NP= número de publicações; **Engenharias I**; **Engenharias II**; **Engenharias III**; **Engenharias IV**.

De acordo com a tabela anterior, a Engenharia Aeroespacial foi a única que publicou integralmente em inglês, provavelmente pela influência do modelo institucional e conceitual norte-americano do MIT na sua constituição histórica. Esta subárea integra o grupo de Engenharias III, juntamente com a Engenharia Mecânica, Engenharia Naval e Oceânica e Engenharia de Produção, todas com percentuais elevados para idioma inglês. A Engenharia Naval e Oceânica é a única subárea deste grupo que apresentou publicações em português, todas originadas do *Symposium on Computing and Automation for Offshore Shipbuilding*, evento ocorrido em 2013 na cidade de Rio Grande, RS. Este grupo também apresentou algumas publicações em francês e espanhol, sendo que as publicações em espanhol têm origem na *Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial*.

Algumas subáreas demonstraram uma leve tendência à publicação em português: Engenharia de Minas, Engenharia Civil e Engenharia Sanitária. As duas últimas integram o grupo de Engenharias I e apresentaram um comportamento semelhante em relação aos percentuais nos três tipos idiomáticos. Estas subáreas também apresentam o maior percentual de publicações em outros idiomas (respectivamente 0,77% e 0,44%) predominantemente em espanhol e francês. O conjunto de 544 publicações em português na subárea de Engenharia Sanitária está distribuído em sua maioria em dois periódicos brasileiros: *Engenharia Sanitária e Ambiental* (333 publicações) e *Boletim de Ciências Geodésicas* (192 publicações). As 19 publicações restantes se referem à trabalhos de evento publicados nos anais da *Brazilian Rainwater Catchment Systems Conference* (1ª. Edição), realizado em 1997 (17 publicações), *International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation* (11ª. Edição), realizado em 2014 em Porto, Portugal (2 publicações).

A Engenharia de Minas se comportou de forma distinta das suas companheiras de grupo II (Engenharia Química, Engenharia Nuclear e Engenharia de Materiais e Metalúrgica). Essa subárea apresentou o menor percentual de publicações em inglês (84,92%), o que pode ser explicado pelas 310 publicações em português originadas da *REM: Revista da Escola de Minas* (os artigos estão classificados em Engenharia de Minas e Civil). Por isso, constata-se que, em relação ao idioma por subárea, a Engenharia de Minas se semelha mais às subáreas do grupo I (Engenharia Civil e

Engenharia Sanitária). Por fim, o grupo de Engenharias IV, composto por Engenharia Elétrica e Engenharia Biomédica demonstram semelhanças entre si e também com a Engenharia Multidisciplinar.

4.3 Tipologia documental da produção científica nacional em Engenharia

A tipologia documental, segundo Alves e outros (1993) se refere ao conjunto de elementos formais que caracterizam o documento, de acordo com as funções a que se destina. A distribuição das publicações nacionais de Engenharia por tipologia documental pode ser conferida na **Tabela 8**:

Tabela 8 – Tipologia das publicações nacionais de Engenharia (1966-2014)

Tipo de publicação	NP	%NP	Σ%NP
Artigo (Article)	48231	50,73	50,73
Trabalho publicado em anais de evento (Proceedings Paper)	33029	34,74	85,47
Trabalho de evento publicado em periódicos (Article; Proceedings Paper)	10722	11,28	96,75
Editorial (Editorial Material)	862	0,91	97,66
Artigo de revisão (Review)	765	0,80	98,46
Notas (Note)	422	0,44	98,91
Resumo de trabalhos de evento (Meeting Abstract)	407	0,43	99,33
Cartas (Letter)	358	0,38	99,71
Errata (Correction)	132	0,14	99,85
Crítica (Discussion)	78	0,08	99,93
Item biográfico (Biographical-Item)	16	0,02	99,95
Resenha (Book Review)	12	0,01	99,96
Correction, Addition (errata, adendo)	7	0,01	99,97
Reimpressão (reprint)	6	0,01	99,97
Capítulo de livro e artigo (Article; Book Chapter)	5	0,01	99,98
Resenha de Software (Software Review)	4	0,00	99,98
Bibliografia (Bibliography)	4	0,00	99,99
Notícia (News Item)	4	0,00	99,99
Capítulo de Livro e artigo de revisão (Review; Book Chapter)	3	0,00	100,00
Item sobre um indivíduo (Item About an Individual)	2	0,00	..
TOTAL	95069	100,00	

Fonte: dados da pesquisa; **Nota:** .. não se aplica dado numérico

Legenda: **NP**= número de publicações.

Os resultados evidenciaram uma vantagem dos artigos (*article*) sobre as demais tipologias, representada pelo percentual de 50,73%. A segunda tipologia mais

frequente foi trabalho publicado em anais de evento (*proceedings paper*) com 34,74% das publicações, seguido por trabalho de evento publicado em periódicos (*article; proceedings paper*) com 11,28%. Considerando que esta última contempla boa parte dos trabalhos de eventos, o percentual de uso dos trabalhos de evento podem atingir 46,02%, corroborando a afirmativa de Meadows (1999) e também de Glänzel e outros (2006) de que a comunicação científica em Ciências aplicadas e Engenharias não ocorre de forma satisfatória através dos periódicos, levando os anais de evento a um patamar elevado de uso e importância para os pesquisadores destas áreas. Mais recentemente, Shirakawa et al. (2012) sublinharam que os trabalhos de evento em Ciência da Computação e Engenharia possuem *status* de produto final, equivalente a um artigo de periódico e que trabalhos de evento publicados em anais impressos (no formato de livro) são usados pelos pesquisadores para divulgação da produção e também como literatura citada (LISÉE; LARIVIÈRE; ARCHAMBAULT, 2008; THOMSON REUTERS, 2008).

Os eventos (ou conferências) oportunizam a exposição de ideias emergentes e debate entre os pares, antes da publicação (em anais ou periódicos) e também são vistos pelos pesquisadores como uma oportunidade de ampliar suas redes de comunicação interpessoal. Shirakawa et al. (2012) aponta a distribuição limitada dos anais impressos ou em CD-ROM como uma das causas para a existência de baixo volume de dados com base nesta tipologia (a publicação de *e-proceedings* na internet é um fenômeno recente). A WoS considera que trabalhos de evento são documentos publicados em anais no formato de livros (*proceedings paper*), cobertos pelos índices de *Conference Proceedings Citation Index* (CPCI). Contudo, alguns registros ambíguos, classificados como artigos e trabalhos de evento (*article; proceedings paper*) se referem aos trabalhos de evento publicados em periódicos. Eles são cobertos tanto pelo CPCI quanto pelo *Science Citation Index* (SCI), e por constar também no SCI estas publicações podem receber citações, ainda que em menor quantidade que os artigos (GONZÁLEZ-ALBO; BONRONS, 2011). Supõe-se que a existência destes registros ambíguos ocorre pela novidade dos índices de conferências, os quais necessitam de um fluxo constante de aprimoramento e limpeza para o alcance da mesma qualidade e credibilidade dos índices de periódicos, principalmente no que tange ao sistema de

controle de citações que alimenta o *Journal of Citations Reports* (JCR), métrica baseada no número de citações recebidas pelo periódico num intervalo de tempo.

A coleção CPCI é pouco explorada em estudos bibliométricos, porém os trabalhos de evento têm implicações na forma como os comitês avaliam a estrutura da ciência em áreas com características diversificadas, como Ciência da Computação e Engenharia, pois fornecem um panorama mais completo sobre a produtividade das mesmas (GLÄNZEL et al., 2006; LISÉE; LARIVIÈRE; ARCHAMBAULT, 2008; THOMSON REUTERS, 2008).

Apesar da mencionada importância dos eventos para a Engenharia, no Brasil, os grupos responsáveis por avaliar a qualidade do SNPG nesta área, com base em indicadores de produção científica, seguem uma tendência semelhante aos demais domínios ao atribuir peso maior aos artigos publicados em periódicos de circulação internacional que recebem muitas citações, classificados nos estratos mais altos do Qualis (preferencialmente A1 e A2). Os trabalhos de evento, livros, capítulos de livros e patentes são considerados produção científica complementar, de aplicação qualitativa para fins de comparação nas regras de avaliação.

A próxima investigação diz respeito ao comportamento da produção científica segundo sua tipologia documental e temporalidade (estabelecida em quinquênios). Para tanto, considerou-se as três tipologias mais frequentes (96,75%): artigo, trabalho publicado em anais de evento e trabalho de evento publicado em periódicos. As demais tipologias (3,25%) foram reunidas em outros documentos. A Engenharia apresenta características distintas de outras áreas que baseiam suas análises de produção científica apenas no número de artigos. Os resultados podem ser conferidos a seguir, na **Tabela 9**.

Tabela 9 – Tipologia das publicações nacionais de Engenharia distribuída por quinquênios (1966-2014)

Tipologia	1966/1975*	1976 - 1980	1981 - 1985	1986 - 1990	1991 - 1995	1996 - 2000	2001 - 2005	2006 - 2010	2011 - 2014	Total NP Tipologia	%Crescimento médio Tipologia
Artigo NP	127	403	680	1138	1922	4251	7217	14055	18438	48231	
%NP por tipologia (48231)	0,26	0,84	1,41	2,36	3,98	8,81	14,96	29,14	38,23	100,00	
%NP por quinquênio	57,21	66,28	73,12	78,70	47,18	38,17	39,12	49,00	62,46	50,73	
%Taxa de Crescimento	..	base	68,73	67,35	68,89	121,18	69,77	94,75	31,18	..	61,27
Trabalho publicado em anais de evento NP	0	0	0	0	1175	4646	6326	11238	9644	33029	
%NP por tipologia (33029)	0	0	0	0	3,56	14,07	19,15	34,02	29,20	100,00	
%NP por quinquênio	0	0	0	0	28,84	41,71	34,29	39,18	32,67	34,74	
%Taxa de Crescimento	0	0	0	0	base	295,32	36,21	77,67	-14,23	..	52,35
Trabalho de evento publicado em periódico NP	0	0	0	83	707	1948	4613	2717	654	10722	
%NP por tipologia (10722)	0	0	0	0,77	6,59	18,17	43,02	25,34	6,10	100,00	
%NP por quinquênio	0	0	0	5,74	17,35	17,49	25,00	9,47	2,22	11,28	
%Taxa de Crescimento	0	0	0	base	751,81	175,53	136,81	-41,10	-75,93	..	41,06
Outros documentos NP	95	205	250	225	270	293	294	673	782	3087	
%NP por tipologia (3087)	3,08	6,64	8,10	7,29	8,75	9,49	9,52	21,80	25,33	100,00	
%NP por quinquênio	42,79	33,72	26,88	15,56	6,63	2,63	1,59	2,35	2,65	3,25	
%Taxa de Crescimento	..	base	21,95	-10,00	20,00	8,52	0,34	128,91	16,25	..	18,22
TOTAL	222	608	930	1446	4074	11138	18450	28683	29518	95069	..

Fonte: dados da pesquisa; Legenda: NP= número de publicações

Nota: *devido à baixa frequência de publicações neste período, reuniu-se 10 anos ao invés de 5. A porcentagem por quinquênio se refere ao NP/Total NP do quinquênio; .. não se aplica dado numérico.

Os resultados demonstraram que os artigos e outros documentos apresentaram crescimento positivo no período, sendo que o crescimento médio para artigos foi de 61,27%, ou seja, maior do que os demais tipos. Nos blocos temporais iniciais (entre 1966 a 1985), as publicações se dividiram em apenas duas tipologias: artigos e outros documentos. Neste período não foram recuperados trabalhos publicados em anais de evento ou trabalhos de evento publicados em periódicos, pois a abrangência da WoS para estes tipos de documentos inicia em 1991. Contudo, em 1989 e 1990, verificou-se um conjunto de 83 trabalhos de evento publicados em periódicos, uma tipologia ambígua por dar margem à mais de uma interpretação (13 publicações em 1989; e 70 documentos em 1990). Ressalta-se que a recuperação dessas 83 publicações de trabalhos de evento publicados em periódicos só ocorre mediante a pesquisa nos índices de Periódicos (SCI) da WoS.

No quinquênio 1991-1995 já foi possível verificar a presença das quatro tipologias documentais. Os artigos representaram 47,18% (1.922) do total de publicações no quinquênio. Os trabalhos de evento representaram 28,84%; os trabalhos de evento publicados em periódicos representaram 17,35%; e outros documentos representaram 8,75%. O conjunto de trabalhos de evento publicados em periódicos foi o que mais cresceu no período, passando de 83 publicações (1986/1990) para 707. Como esta tipologia contempla uma parcela de trabalhos publicados em anais de evento, isso reforça a importância dessa tipologia para a Engenharia nacional.

O período seguinte (1996-2000) expõe a predominância de trabalhos publicados em anais de evento que perfizeram 41,71%, enquanto os artigos contribuíram com 38,17%. Os três tipos principais apresentaram crescimento significativo neste período, contudo o crescimento de trabalhos publicados em anais de evento se sobressaiu com 295,32% no período.

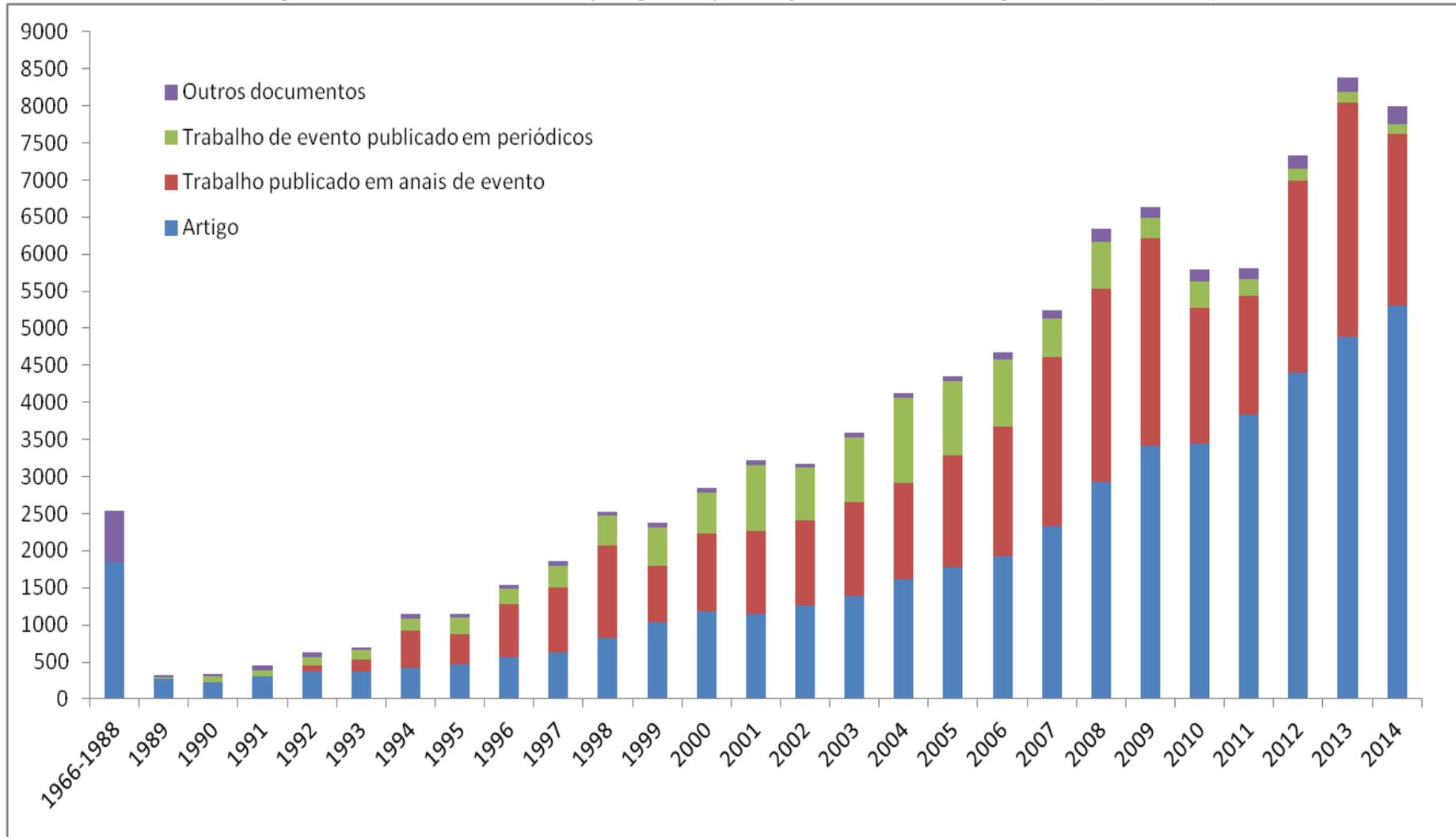
No período 2001-2006, artigos e trabalhos publicados em anais de evento apresentaram percentuais muito próximos, respectivamente 39,12% e 34,29%. O grupo de trabalho de evento publicados em periódicos seguiu seu ritmo veloz de crescimento apresentando a maior taxa: 136,93%. Se considerar (novamente) que esta tipologia engloba trabalhos publicados em anais de evento, essa representatividade

passa a ser de 64,52%, concluindo uma década de predominância de trabalhos de evento.

Em 2006/2010 ocorreu uma evolução no crescimento de outros documentos com crescimento de 128,91%. No banco de dados da pesquisa, consta que as tipologias predominantes nesta classe para o período foram editoriais (*editorial material*) e artigos de revisão (*review*). Os artigos e trabalhos publicados em anais de evento também apresentaram crescimentos significativos no quinquênio, de 94,69% e 77,67%, respectivamente. Em contrapartida, o conjunto de trabalhos de evento publicados em periódicos apresentou a sua primeira queda após crescimento contínuo (-41,10%). No último bloco quinquenal (2011/2014), houve uma queda nas duas tipologias referente aos trabalhos de evento, sendo que trabalhos de evento publicados em periódicos declinou gravemente: -75,93%; e trabalhos publicados em anais de evento tiveram sua primeira queda (-14,23%) desde os anos 90. Aparentemente, por razões desconhecidas, menos conferências foram incluídas neste período. Os artigos e outros documentos mantiveram crescimento positivo. Apesar das oscilações, o crescimento médio quinquenal dos trabalhos de evento se estabeleceram em 52,35% (trabalhos publicados em anais de evento) e 41,06% (trabalhos de evento publicados em periódicos).

O comportamento temporal das publicações segundo sua tipologia documental pode ser melhor visualizada na **Figura 20**: O gráfico explicitou a exclusividade de artigos e outros documentos até 1989, o surgimento tímido de trabalhos publicados em anais de evento a partir de 1991, alguns momentos de ultrapassagem dos mesmos sobre os artigos na década de 90 (1994, 1996 a 1998), sua evolução anual até 2008, sua consistência numérica próxima a de artigos, e as oscilações desde então. Visualizou-se também que, em muitos momentos, a sobreposição dos blocos que representaram os trabalhos de evento indicaram uma supremacia de trabalhos de evento em relação aos artigos. E ainda, que a quantidade de trabalhos de evento publicados em periódicos diminuiu a partir de 2009 ao passo que aumentou o número de trabalhos publicados em anais de evento.

Figura 20 – Dinâmica anual da tipologia das publicações nacionais de Engenharia (1966-2014)



Fonte: dados da pesquisa

Após a investigação da tipologia documental da produção científica nacional em Engenharia, examinou-se também como as subáreas se comportaram em relação a esse indicador com base no número de publicações (NP) de cada subárea, distribuído por tipo de documento, segundo **Tabela 10**, a seguir:

Tabela 10 – Tipologia das publicações nacionais de Engenharia distribuída por subárea (1966-2014)

Subárea	Artigo			Trabalho publicado em anais de evento			Trabalho de evento publicado em periódicos			Outras publicações			TOTAL NP
	NP	%NP/T1	%NP/TOTAL NP	NP	%NP/T2	%NP/TOTAL NP	NP	%NP/T3	%NP/TOTAL	NP	%NP/T4	%NP/TOTAL NP	
Engenharia Aeroespacial	251	0,43	31,65	281	0,57	35,44	216	1,79	27,24	45	1,20	5,67	793
Engenharia Biomédica	2763	4,76	57,78	1655	3,38	34,61	180	1,49	3,76	184	4,90	3,85	4782
Engenharia Civil	2626	4,53	61,14	1366	2,79	31,80	119	0,99	2,77	184	4,90	4,28	4295
Engenharia de Materiais e Metalúrgica	13247	22,84	63,19	3455	7,05	16,48	3668	30,41	17,50	593	15,80	2,83	20963
Engenharia de Minas	1095	1,89	52,75	750	1,53	36,13	109	0,90	5,25	122	3,25	5,88	2076
Engenharia de Produção	1126	1,94	40,11	1473	3,01	52,48	161	1,33	5,74	47	1,25	1,67	2807
Engenharia Elétrica	7520	12,97	30,99	14707	30,01	60,60	1428	11,84	5,88	613	16,33	2,53	24268
Engenharia Mecânica	2627	4,53	46,94	2492	5,09	44,52	317	2,63	5,66	161	4,29	2,88	5597
Engenharia Multidisciplinar	8793	15,16	32,54	14873	30,35	55,03	2702	22,40	10,00	657	17,50	2,43	27025
Engenharia Naval e Oceânica	1520	2,62	32,23	2943	6,01	62,40	97	0,80	2,06	156	4,16	3,31	4716
Engenharia Nuclear	5532	9,54	56,90	1896	3,87	19,50	1770	14,67	18,21	524	13,96	5,39	9722
Engenharia Química	6322	10,90	70,81	1501	3,06	16,81	858	7,11	9,61	247	6,58	2,77	8928
Engenharia Sanitária	4566	7,87	66,77	1609	3,28	23,53	437	3,62	6,39	226	6,02	3,31	6838
Total da Tipologia	57988	100,00	47,22	49001	100,00	39,90	12062	100,00	9,82	3759	100,00	3,06	122809

Fonte: dados da pesquisa

Legenda: NP= número de publicações; **Engenharias I**; **Engenharias II**; **Engenharias III**; **Engenharias IV**.

Os resultados indicaram que as subáreas que apresentaram tendência à publicação em artigos foram a Engenharia Química (70,81%), Engenharia Sanitária (66,77%), Engenharia de Materiais e Metalúrgica (63,19%), Engenharia Civil (61,14%), Engenharia Biomédica (57,78%), Engenharia Nuclear (56,90%) e Engenharia de Minas (52,75%). Estes percentuais se referem à quantidade de artigos (T1) associados a cada subárea em relação ao seu total de publicações (TOTAL NP).

Quando o universo de publicações se resume aos artigos, a Engenharia de Materiais e Metalúrgica se destaca em representatividade de artigos (22,84%), o que significa que se o *corpus* da pesquisa se limitasse aos artigos indexados pela WoS na área de Engenharia, esta subárea seria no *ranking* de subáreas mais produtivas, ultrapassando a Engenharia Multidisciplinar e a Engenharia Elétrica.

As subáreas com tendência à publicação de trabalhos publicados em anais de evento estão relacionadas à Ciência da Computação, que é uma área que também publica muito em anais: Engenharia Naval e Oceânica (62,40%), Engenharia Elétrica (60,60%) e Engenharia Multidisciplinar (55,03). A Engenharia de Produção (52,48%) também seguiu esta tendência. As subáreas que demonstraram equilíbrio no uso de artigos e trabalhos de evento foram: Engenharia Aeroespacial (31,65% e 35,44%) e Engenharia Mecânica (46,94% e 44,52%).

A comparação dos perfis tipológicos das subáreas com base nos grupos de avaliação da CAPES revelou algumas características: as Engenharias I e II, publicaram mais artigos, ao passo que Engenharias III publicaram mais trabalhos de evento. Nas Engenharias IV houve uma divisão, pois a Engenharia Elétrica publicou mais em trabalhos de evento e a Engenharia Biomédica, por ser uma subárea em rápida evolução que necessita da disseminação de informação crítica como as Ciências da Saúde, publicou mais em periódicos (THOMSON REUTERS, 2008).

No Brasil, os resultados confirmaram a importância dos eventos para a produtividade da área de Engenharia. Apesar dos artigos constituírem a base de qualidade para a avaliação do SNPG, os pesquisadores utilizaram os trabalhos de evento como canal de comunicação científica com grande destaque ao longo do tempo. Por isso, esta característica merece ser explorada nas próximas avaliações e estudos bibliométricos.

4.4 Periódicos centrais utilizados para publicação da produção científica nacional na área de Engenharia (1966-2014)

Conforme relatado na literatura e comprovado pelos resultados desta pesquisa, os anais de eventos são tão importantes quanto os periódicos para a comunicação científica da área de Engenharia, entretanto, o periódico é uma fonte de informação consolidada pela Ciência, principalmente pelas áreas das Ciências exatas e da Saúde, mais amadurecidas em relação à estrutura científica e tecnológica vigente. O número de periódicos inclusos no índice *Science Citation Index Expanded* da WoS já ultrapassou 8.000 títulos (WEB OF SCIENCE, 2015), uma cobertura considerada ampla quando se pensa que estes são os títulos principais que abrigam a linha de frente da pesquisa mundial. A partir de 2007, foram incluídos muitos periódicos brasileiros em todas as áreas, o que contribuiu para o aumento de produtividade da Ciência brasileira. Ressalta-se que a WoS amplia anualmente o número de periódicos indexados, impactando nos resultados dos estudos bibliométricos. Meneghini (2014) destaca que o incremento de títulos brasileiros beneficiou mais as áreas biológicas, aproximando o perfil científico nacional ao perfil dos países desenvolvidos. Contudo, a baixa representatividade de periódicos nas áreas de exatas e Engenharia diferencia o Brasil do perfil científico de outros países que compõem o BRICS. Os parâmetros referentes à quantificação de artigos publicados em periódicos *mainstream* da pesquisa mundial na área são altamente relacionados com as notas atuais dos PPGs brasileiros, o que justifica a investigação das fontes de informação que abrigaram as publicações tipologicamente classificadas como artigos de periódicos (*article*), totalizando 48.231 publicações (NP).

Ao todo, 1.999 periódicos distintos indexados pela WoS publicaram artigos nacionais em Engenharia no período analisado. O tamanho do campo, a grande quantidade de subáreas e a forte característica interdisciplinar que permeia a grande área de Engenharia podem ser o motivo para os pesquisadores se utilizarem de um grande número de periódicos para suas publicações. No entanto, mais da metade dos artigos (51,00%) se concentram em 6,50% de periódicos centrais (130 títulos). A **Tabela 11** reúne os 130 periódicos centrais:

Tabela 11 – Periódicos centrais utilizados para publicação da produção científica nacional na área de Engenharia (1966-2014)

(continua)

Periódico	NP	%NP 48.231)	Σ%NP	País	Idioma	FI (2014)	Quartil	Qualis 2014	Subárea
BRAZILIAN J. OF CHEMICAL ENG.	669	1,39	1,39	Brasil	ING	1,043	Q3	A2	Eng. Quim
MATERIALS RESEARCH-IBERO-AMERICAN J. OF MATERIALS	643	1,33	2,72	Brasil	ING	0,793	Q4	A2	Eng. Mat. e Metal
J. OF MAGNETISM AND MAGNETIC MATERIALS	583	1,21	3,93	Holanda	ING	1,97	Q2	A1	Eng. Mat. e Metal
LANGMUIR	405	0,84	4,77	EUA	ING	4,457	Q1	A1	Eng. Mat. e Metal
J. OF MATERIALS SCIENCE	399	0,83	5,60	EUA	ING	2,371	Q1	A2	Eng. Mat. e Metal
BIORESOURCE TECHNOLOGY	396	0,82	6,42	Holanda	ING	4,494	Q1	A1	Eng. Nuclear
J. OF ALLOYS AND COMPOUNDS	390	0,81	7,23	Suiça	MULTI	2,999	Q1	A1	Eng. Mat. e Metal
IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS	389	0,81	8,04	EUA	MULTI	0,326	Q4	B2	Eng. Elétrica
REM-REVISTA ESCOLA DE MINAS (2013)	384	0,80	8,83	Brasil	POR	NÃO	Q4	B2	Eng. Mat. e Metal
J. OF PHYSICAL CHEMISTRY C	348	0,72	9,55	EUA	ING	4,772	Q1	A1	Eng. Mat. e Metal
FUEL	338	0,70	10,25	Inglaterra	ING	3,52	Q1	A1	Eng. Quim
J. OF THE BRAZILIAN SOCIETY OF MECHANICAL SCIENCES AND ENG.	333	0,69	10,94	Brasil	ING	0,429	Q4	B1	Eng. Mec
IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS	331	0,69	11,63	EUA	ING	2,814	Q4	A1	Eng. Elétrica
ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL	331	0,69	12,32	Brasil	ING	0,241	Q4	B1	Eng. Sanitária
J. OF NON-CRYSTALLINE SOLIDS	315	0,65	12,97	Holanda	ING	1,766	Q2	A1	Eng. Mat. e Metal
MATERIALS SCIENCE AND ENG. A	313	0,65	13,62	Suiça	ING	2,567	Q1	A1	Eng. Mat. e Metal
J. OF HAZARDOUS MATERIALS	312	0,65	14,27	Holanda	ING	4,529	Q1	A1	Eng. Civil
LASERS IN MEDICAL SCIENCE	302	0,63	14,89	Inglaterra	ING	2,489	Q2	A1	Eng. Bio
NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION A	299	0,62	15,51	Holanda	MULTI	1,216	Q2	A1	Eng. Nuclear
INDUSTRIAL & ENG. CHEMISTRY RESEARCH	291	0,60	16,11	EUA	ING	2,587	Q1	A1	Eng. Quim
J. OF FOOD ENG.	288	0,60	16,71	Inglaterra	MULTI	2,771	Q1	A1	Eng. Quim
ELECTRONICS LETTERS	286	0,59	17,31	Inglaterra	ING	0,93	Q3	A2	Eng. Elétrica
MATERIA-RIO DE JANEIRO	274	0,57	17,87	Brasil	ING	0,074	Q4	B2	Eng. Mat. e Metal
DENTAL MATERIALS	269	0,56	18,43	Inglaterra	ING	3,769	Q2	A1	Eng. Bio
PROCESS BIOCHEMISTRY	266	0,55	18,98	Inglaterra	ING	2,516	Q1	A1	Eng. Quim
CERAMICS INTERNATIONAL	262	0,54	19,53	Inglaterra	ING	2,605	Q1	A1	Eng. Mat. e Metal
WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY	259	0,54	20,06	Inglaterra	ING	1,106	Q3	A1	Eng. Sanitária
MICROWAVE AND OPTICAL TECHNOLOGY LETTERS	258	0,53	20,60	EUA	ING	0,586	Q4	A2	Eng. Elétrica
THIN SOLID FILMS	249	0,52	21,11	Holanda	MULTI	1,759	Q1	A1	Eng. Mat. e Metal
POLYMER TESTING	249	0,52	21,63	Inglaterra	MULTI	2,24	Q2	A2	Eng. Mat. e Metal

(continuação)

Periódico	NP	%NP 48.231)	Σ%NP	País	Idioma	FI (2014)	Quartil	Qualis 2014	Subárea
J. OF POWER SOURCES	248	0,51	22,14	Holanda	ING	6,217	Q1	A1	Eng. Nuclear
J. OF RADIOANALYTICAL AND NUCLEAR CHEMISTRY	241	0,50	22,64	Hungria	ING	1,034	Q2	A1	Eng. Nuclear
MATERIALS LETTERS	229	0,47	23,12	Holanda	ING	2,489	Q1	A1	Eng. Mat. e Metal
APPLIED RADIATION AND ISOTOPES	228	0,47	23,59	EUA	MULTI	1,231	Q1	A2	Eng. Nuclear
SOLDAGEM & INSPECAO	227	0,47	24,06	Brasil	POR	0,148	Q4	B2	Eng. Mat. e Metal
IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY	223	0,46	24,52	EUA	ING	1,733	Q2	A1	Eng. Elétrica
WATER AIR AND SOIL POLLUTION	220	0,46	24,98	Holanda	ING	1,554	Q2	A1	Eng. Sanitária
MATERIALS CHEMISTRY AND PHYSICS	216	0,45	25,43	Suiça	ING	2,259	Q2	A1	Eng. Mat. e Metal
INTERNATIONAL J. OF REMOTE SENSING	215	0,45	25,87	Inglaterra	MULTI	1,652	Q2	B2	Eng. Sanitária
INTERNATIONAL J. OF HEAT AND MASS TRANSFER	213	0,44	26,32	Inglaterra	MULTI	2,383	Q2	A1	Eng. Mec
ENERGY POLICY	213	0,44	26,76	Inglaterra	ING	2,575	Q1	A2	Eng. Nuclear
BOLETIM DE CIENCIAS GEODESICAS (2013)	210	0,44	27,19	Brasil	POR	0,154	Q3	B1	Eng. Sanitária
EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS	208	0,43	27,62	EUA	ING	2,24	Q1	A1	Eng. Elétrica
CLINICAL ORAL IMPLANTS RESEARCH	201	0,42	28,04	Dinamarca	ING	3,889	Q1	NÃO	Eng. Bio
J. OF NANOSCIENCE AND NANOTECHNOLOGY	201	0,42	28,46	EUA	ING	1,556	Q3	A2	Eng. Mat. e Metal
NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION B	201	0,42	28,87	Holanda	ING	1,124	Q2	A2	Eng. Nuclear
J. OF CHEMICAL AND ENG. DATA	195	0,40	29,28	EUA	ING	2,037	Q2	A1	Eng. Quim
CHEMICAL ENG. J.	194	0,40	29,68	Suiça	ING	4,321	Q1	A1	Eng. Quim
MATHEMATICAL PROBLEMS IN ENG.	191	0,40	30,08	EUA	ING	0,762	Q3	A2	Eng. Multi
INTERNATIONAL J. OF HYDROGEN ENERGY	184	0,38	30,46	Inglaterra	ING	3,313	Q2	A1	Eng. Nuclear
DRYING TECHNOLOGY	177	0,37	30,83	EUA	ING	1,518	Q2	A1	Eng. Mec
SYNTHETIC METALS	175	0,36	31,19	Suiça	ING	2,252	Q2	NÃO	Eng. Mat. e Metal
J. OF MATERIALS PROCESSING TECHNOLOGY	174	0,36	31,55	Suiça	ING	2,236	Q1	A1	Eng. Prod
ELECTRIC POWER SYSTEMS RESEARCH	173	0,36	31,91	Suiça	ING	1,749	Q2	A2	Eng. Elétrica
ENERGY & FUELS	168	0,35	32,26	EUA	ING	2,79	Q1	A2	Eng. Quim
INTERNATIONAL J. OF ELECTRICAL POWER & ENERGY SYSTEMS	163	0,34	32,59	Inglaterra	ING	3,432	N LOC	B2	Eng. Elétrica
J. OF SUPERCRITICAL FLUIDS	162	0,34	32,93	Holanda	ING	2,371	Q2	A1	Eng. Quim
APPLIED THERMAL ENG.	159	0,33	33,26	Inglaterra	MULTI	2,739	Q1	A1	Eng. Mec
COLLOIDS AND SURFACES B – BIOINTERFACES	155	0,32	33,58	Holanda	ING	4,152	Q1	A2	Eng. Bio
ANNALS OF NUCLEAR ENERGY	154	0,32	33,90	EUA	MULTI	0,959	Q3	NÃO	Eng. Nuclear
COMPUTATIONAL STATISTICS & DATA ANALYSIS	153	0,32	34,22	Holanda	ING	1,4	Q3	NÃO	Eng. Multi
MATERIALS SCIENCE & ENG. C	150	0,31	34,53	Holanda	ING	3,088	Q3	A1	Eng. Bio

(continuação)

Periódico	NP	%NP 48.231)	Σ%NP	País	Idioma	FI (2014)	Quartil	Qualis 2014	Subárea
INTERNATIONAL J. OF MODERN PHYSICS C	150	0,31	34,84	Singapura	ING	1,26	Q3	NÃO	Eng. Multi
IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS	147	0,30	35,14	EUA	ING	6,498	Q1	A1	Eng. Elétrica
IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS	146	0,30	35,45	EUA	ING	6,008	Q1	A1	Eng. Elétrica
INTERNATIONAL J. FOR NUMERICAL METHODS IN ENG.	146	0,30	35,75	Inglaterra	ING	2,055	Q1	A1	Eng. Multi
J. OF MATERIALS SCIENCE LETTERS	145	0,30	36,05	Holanda	ING	0,711	Não	NÃO	Eng. Mat. e Metal
J. OF THE AMERICAN CERAMIC SOCIETY	143	0,30	36,35	EUA	ING	2,61	Q1	A1	Eng. Mat. e Metal
MATERIALS RESEARCH BULLETIN	140	0,29	36,64	EUA	MULTI	2,288	Q2	A1	Eng. Mat. e Metal
J. OF MATERIALS SCIENCE- MATERIALS IN MEDICINE	136	0,28	36,92	Holanda	ING	2,587	Q2	A1	Eng. Bio
RADIATION PROTECTION DOSIMETRY	136	0,28	37,20	Inglaterra	ING	0,913	Q3	A2	Eng. Nuclear
J. OF CLEANER PRODUCTION	135	0,28	37,48	EUA	ING	3,844	Q1	A1	Eng. Sanitária
CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS	134	0,28	37,76	Inglaterra	ING	2,296	Q1	A1	Eng. Civil
OPTICAL MATERIALS	133	0,28	38,03	Holanda	ING	1,981	Q2	A1	Eng. Mat. e Metal
COMPUTER METHODS IN APPLIED MECHANICS AND ENG.	132	0,27	38,31	Holanda	MULTI	2,959	Q1	A1	Eng. Mec
RADIATION PHYSICS AND CHEMISTRY	132	0,27	38,58	Inglaterra	ING	1,38	Q2	A1	Eng. Nuclear
MINERALS ENG.	132	0,27	38,86	Inglaterra	ING	1,597	Q1	A1	Eng. Nuclear
APPLIED PHYSICS A-MATERIALS SCIENCE & PROCESSING	131	0,27	39,13	EUA	ING	1,704	Q2	B1	Eng. Mat. e Metal
FLUID PHASE EQUILIBRIA	131	0,27	39,40	Holanda	MULTI	2,2	Q2	A1	Eng. Quim
WATER RESEARCH	130	0,27	39,67	Inglaterra	ING	5,528	Q1	A1	Eng. Sanitária
J. OF SOL-GEL SCIENCE AND TECHNOLOGY	129	0,27	39,94	EUA	ING	1,532	Q2	A1	Eng. Mat. e Metal
ENG. ANALYSIS WITH BOUNDARY ELEMENTS	129	0,27	40,20	Inglaterra	ING	1,392	Q2	A1	Eng. Multi
COMPUTERS & OPERATIONS RESEARCH	128	0,27	40,47	Inglaterra	ING	1,861	Q1	A2	Eng. Prod
J. OF CHEMICAL TECHNOLOGY AND BIOTECHNOLOGY	127	0,26	40,73	Inglaterra	ING	2,349	Q2	A1	Eng. Quim
POWDER TECHNOLOGY	127	0,26	41,00	Suiça	ING	2,349	Q2	A1	Eng. Quim
IEEE TRANSACTIONS ON AUTOMATIC CONTROL	126	0,26	41,26	EUA	ING	2,779	Q1	A1	Eng. Elétrica
J. OF THE EUROPEAN CERAMIC SOCIETY	125	0,26	41,52	Inglaterra	ING	2,947	Q1	A1	Eng. Mat. e Metal
BIOMASS & BIOENERGY	125	0,26	41,77	Inglaterra	ING	3,394	Q1	A1	Eng. Nuclear
NANOTECHNOLOGY	124	0,26	42,03	Inglaterra	ING	3,821	Q1	NÃO	Eng. Mat. e Metal
IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING	122	0,25	42,28	EUA	ING	2,787	Q1	A1	Eng. Elétrica
CORROSION SCIENCE	122	0,25	42,54	Inglaterra	ING	2,706	Q1	A1	Eng. Mat. e Metal
RENEWABLE ENERGY	120	0,25	42,79	Inglaterra	ING	3,476	Q1	A1	Eng. Nuclear
J. OF MOLECULAR MODELING	119	0,25	43,03	Alemanha	ING	1,736	Q2	B1	Eng. Multi

(continuação)

Periódico	NP	%NP 48.231)	Σ%NP	País	Idioma	FI (2014)	Quartil	Qualis 2014	Subárea
J. OF CRYSTAL GROWTH	118	0,24	43,28	Holanda	MULTI	1,698	Q2	A2	Eng. Mat. e Metal
LATIN AMERICAN APPLIED RESEARCH	118	0,24	43,52	Argentina	ING	0,148	Q4	B1	Eng. Quim
COMPUTER PHYSICS COMMUNICATIONS	117	0,24	43,77	Holanda	ING	3,112	Q1	A1	Eng. Multi
J. OF PETROLEUM SCIENCE AND ENG.	117	0,24	44,01	Holanda	ING	1,416	Q1	B1	Eng. Quim
MATERIALS CHARACTERIZATION	116	0,24	44,25	EUA	ING	1,845	Q1	A1	Eng. Mat. e Metal
J. OF SOUND AND VIBRATION	116	0,24	44,49	EUA	ING	1,813	Q1	A1	Eng. Mat. e Metal
CHEMICAL ENG. SCIENCE	115	0,24	44,73	EUA	ING	2,337	Q2	A1	Eng. Quim
ARTIFICIAL ORGANS	114	0,24	44,96	EUA	ING	2,05	Q2	A1	Eng. Bio
J. OF BIOMEDICAL MATERIALS RESEARCH PART B	112	0,23	45,20	EUA	ING	2,759	Q2	A2	Eng. Bio
SCRIPTA MATERIALIA	111	0,23	45,43	EUA	ING	3,224	Q1	A1	Eng. Mat. e Metal
APPLIED CLAY SCIENCE	111	0,23	45,66	Holanda	ING	2,467	Q1	A1	Eng. Mat. e Metal
MICROPOROUS AND MESOPOROUS MATERIALS	111	0,23	45,89	Holanda	ING	3,453	Q1	A1	Eng. Mat. e Metal
J. OF HYDROLOGY	109	0,23	46,11	Holanda	MULTI	3,053	Q1	A1	Eng. Sanitária
CHEMISTRY OF MATERIALS	108	0,22	46,34	EUA	ING	8,354	Q1	A2	Eng. Mat. e Metal
INFORMATION SCIENCES	107	0,22	46,56	EUA	MULTI	4,038	Q1	A1	Eng. Multi
J. OF STATISTICAL COMPUTATION AND SIMULATION	105	0,22	46,78	Inglaterra	ING	0,635	Q1	NÃO	Eng. Multi
APPLIED CATALYSIS B	105	0,22	46,99	Holanda	ING	7,435	Q1	A1	Eng. Quim
COMPUTERS & STRUCTURES	104	0,22	47,21	Inglaterra	MULTI	2,134	Q1	A1	Eng. Civil
J. OF CATALYSIS	104	0,22	47,42	EUA	ING	6,921	Q1	A1	Eng. Quim
BIOCHEMICAL ENG. J.	104	0,22	47,64	Holanda	ING	2,467	Q1	A2	Eng. Quim
INTERNATIONAL J. OF CONTROL	103	0,21	47,85	Inglaterra	ING	1,654	Q2	A2	Eng. Naval e Oc
ENERGY	100	0,21	48,06	Inglaterra	ING	4,844	Q1	A1	Eng. Nuclear
IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS	99	0,21	48,27	EUA	ING	1,386	Q2	A2	Eng. Elétrica
J. OF MEMBRANE SCIENCE	99	0,21	48,47	Holanda	ING	5,056	Q1	A2	Eng. Quim
J. OF MATERIALS CHEMISTRY A	98	0,20	48,67	Inglaterra	ING	6,626	Q1	A1	Eng. Mat. e Metal
APPLIED MATHEMATICAL MODELLING	98	0,20	48,88	Holanda	ING	2,251	Q1	A1	Eng. Multi
J. OF NANOPARTICLE RESEARCH	96	0,20	49,08	Holanda	ING	2,184	Q2	A2	Eng. Mat. e Metal
ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY	96	0,20	49,28	EUA	ING	5,33	Q1	A1	Eng. Sanitária
RADIATION MEASUREMENTS	95	0,20	49,47	Inglaterra	ING	1,213	Q2	A2	Eng. Nuclear
COMPUTERS & CHEMICAL ENG.	93	0,19	49,67	EUA	MULTI	2,784	Q1	A1	Eng. Quim
POLYMER ENG. AND SCIENCE	92	0,19	49,86	EUA	ING	1,52	Q2	A1	Eng. Quim

(conclusão)

Periódico	NP	%NP 48.231)	Σ%NP	País	Idioma	FI (2014)	Quartil	Qualis 2014	Subárea
MATERIALS & DESIGN	92	0,19	50,05	Holanda	ING	3,501	Q1	NÃO	Eng. Mat. e Metal
FUEL PROCESSING TECHNOLOGY	92	0,19	50,24	Holanda	ING	3,352	Q1	A1	Eng. Quim
SEPARATION SCIENCE AND TECHNOLOGY	92	0,19	50,43	EUA	ING	1,171	Q3	A2	Eng. Quim
REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT	92	0,19	50,62	Holanda	ING	6,693	Q1	NÃO	Eng. Sanitária
PATTERN RECOGNITION LETTERS	91	0,19	50,81	Holanda	ING	1,551	Q2	B1	Eng. Multi
SEPARATION AND PURIFICATION TECHNOLOGY	91	0,19	51,00	Holanda	ING	3,091	Q1	A1	Eng. Quim
Subtotal NP	24595	50,99	..	..	..	..	..	..	..
Outros periódicos	23636	49,01	100,00	..	..	..	..	..	..
TOTAL	48231	100,00	..	..	..	..	..	..	..

Fonte: dados da pesquisa

Nota: .. não se aplica dado numérico.

Legenda: JCR (consulta em: 14 out. 2015); Sistema Periódicos Qualis (consulta em: 27 fev. 2016).

A primeira observação sobre este conjunto de periódicos diz respeito ao idioma. Anteriormente, relatou-se que 97,46% da produção científica nacional em Engenharia foi publicada em inglês. Em relação ao idioma dos periódicos centrais, 83,08% aceitam somente o inglês para as submissões, mas este percentual pode ser ainda maior visto que este idioma também está contemplado entre os 14,62% dos periódicos que aceitam submissões em mais de um idioma (multilíngüe). Apenas 2,31% periódicos publicam somente em português, percentual muito semelhante aos 2,21% das produção científica publicada em português. Além disso, 92% dos periódicos centrais tem origem geográfica na Europa (62%) e nos Estados Unidos (30%) contra 6% de revistas editadas no Brasil. Das oito revistas nacionais presentes na listagem, apenas três publicam em português. Essas constatações evidenciam que a Engenharia brasileira é internacionalizada, pois segundo Leite, Mugnaini e Leta (2011), os campos do conhecimento ditos internacionalizados devem publicar pelo menos 80% de sua produção em periódicos estrangeiros de língua inglesa, percentual observado através dos resultados para idiomas e periódicos mais usados.

Os periódicos nacionais enfrentam dificuldades em atender os critérios de qualidade da WoS, como periodicidade, internacionalidade, publicação de pesquisas originais de qualidade, fator de impacto no JCR, entre outros, o que pode explicar a baixa representatividade de revistas brasileiras entre os periódicos centrais da área de Engenharia.

Apesar da dispersão de títulos e baixo percentual de uso para cada publicação (menos de 2,00%), as duas revistas mais produtivas são brasileiras, demonstrando uma tendência à publicação em títulos nacionais que atendam os critérios exigidos pela CAPES em relação ao Qualis, por exemplo. Dentre as oito revistas nacionais usadas neste estudo, a *Brazilian Journal of Chemical Engineering* (669 publicações) é a única incluída na WoS antes de 2007 (VANZ, 2009, p. 204). Surgiu em 1995, editada pela Associação Brasileira de Engenharia Química (ABEQ), com periodicidade trimestral. Este periódico possui estrato Qualis A2 e se posiciona no 3º Quartil do JCR (Q3), o que significa que no âmbito nacional, atende aos critérios exigidos pela CAPES para publicação da produção científica, porém em comparação com revistas internacionais, a posição no Quartil no JCR demonstra que ainda não se equipara aos mesmos, segundo critério da WoS. Seu FI (1,043, 83º lugar) foi comparado ao FI dos três primeiros periódicos do JCR 2014 em Engenharia Química: *Energy & Environmental Science* (20,523) e *Progress in Energy and Combustion Science* (19,220). Este patamar só foi alcançado por estes dois títulos, pois o terceiro colocado no JCR foi o *Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering*, com FI de 8,676, diminuindo a diferença entre o periódico internacional e o brasileiro.

O segundo periódico prevalente foi *Materials Research: Ibero-american Journal of Materials* (643 publicações, FI 0,793), classificado com Qualis A2, posicionado no 4º Quartil do JCR (Q4) dentro da WC *Materials Science, multidisciplinary*. É editado pela Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais (ABM), Associação Brasileira de Cerâmica (ABC) e Associação Brasileira de Polímeros (ABPol). Sua indexação pela WoS iniciou em 2008 e, a partir de 2012, devido à alta demanda de submissões, alterou sua periodicidade de quatro para seis fascículos ao ano, fato que ajudou a aumentar o número de publicações nacionais desde então.

Também participaram do *ranking* de periódicos centrais outras seis revistas nacionais, que iniciaram a indexação dos fascículos entre 2007 e 2008 na WoS: *REM-Revista Escola de Minas* (384 publicações), *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering* (333 publicações), *Engenharia Sanitaria e Ambiental* (331 publicações), *Materia-Rio de Janeiro* (274 publicações), *Soldagem & Inspeção* (227 publicações), e *Boletim de Ciências Geodésicas* (210 publicações).

As oito revistas brasileiras (6,15% do total de títulos centrais) consideradas centrais para a Engenharia foram responsáveis por 3,23% do total de produção científica, se classificam em estratos altos do Qualis (entre B2 e A2), mas se posicionam nos últimos Quartis (Q3 e Q4), o que significa que no âmbito nacional, estes periódicos atendem aos critérios de qualidade exigidos pela CAPES para publicação, mas que em comparação com os periódicos internacionais, por alguma razão, ainda precisam se aprimorar para atingir uma equiparação. Essas revistas também foram indexadas pela *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), biblioteca eletrônica que abrange uma coleção selecionada de periódicos científicos brasileiros. A partir de 2014, esta biblioteca eletrônica passou a adotar critérios mais rígidos para admissão e permanência de periódicos em sua coleção, particularmente os relacionados à internacionalização (KIMURA, 2015). Os resultados sugerem que a inclusão de títulos nacionais pela WoS a partir de 2007, contribuiu pouco para o crescimento da produção científica da Engenharia e da Ciência brasileira a partir deste ano.

É possível verificar que 59,23% dos títulos estão associados às subáreas de Engenharia de Materiais e Metalúrgica, Engenharia Química, e Engenharia Nuclear (Engenharias II), reforçando a tendência de que estas subáreas publicam mais em periódicos. A quantidade de títulos por subárea pode ser conferido na **Tabela 12**:

Tabela 12 – Periódicos centrais utilizados para publicação da produção científica nacional na área de Engenharia distribuídos por subáreas (1966-2014)

Subárea	Periódicos	%Periódicos	Σ%Periódicos
Engenharia de Materiais e Metalúrgica	37	28,46	28,46
Engenharia Química	24	18,46	46,92
Engenharia Nuclear	16	12,31	59,23
Engenharia Elétrica	13	10,00	69,23
Engenharia Multidisciplinar	11	8,46	77,69
Engenharia Sanitária	10	7,69	85,38
Engenharia Biomédica	8	6,15	91,53
Engenharia Mecânica	5	3,85	95,38
Engenharia Civil	3	2,31	97,69
Engenharia de Produção	2	1,54	99,23
Engenharia Naval e Oceânica	1	0,77	100,00
TOTAL	130	100,00	..

Fonte: dados da pesquisa

Observa-se que a Engenharia Elétrica e a Engenharia Multidisciplinar contribuíram, respectivamente com 10,00% e 8,46% dos títulos. Apesar desta subárea demonstrarem tendência à publicação em anais de eventos, por serem muito produtivas, os percentuais para artigos também se sobressaem sobre subáreas com menos produção, como a Engenharia Mecânica, Engenharia Civil e Engenharia de Minas. Ressalta-se que a Engenharia de Minas não está associada a nenhum periódico do *ranking* (quando considerada como área principal do periódico). A produtividade da Engenharia Elétrica e da Engenharia Multidisciplinar, muito provavelmente se deve aos periódicos do *Institute of Electrical and Electronics Engineers*⁷ (IEEE), editora mais influente da área de Engenharia Elétrica e eletrônica. Esta entidade, de origem norte americana, vem expandindo a proporção de artigos e trabalhos de evento provenientes da Europa e da Ásia, em prol da construção de uma estrutura equilibrada da atividade tecnológica mundial da IEEE (SHIRAKAWA et al., 2012). Os periódicos desta organização utilizados pelos pesquisadores brasileiros na subárea de Engenharia Elétrica foram: *IEEE Latin America Transactions*; *IEEE Transactions on Power Systems*; *IEEE Transactions on Power Delivery*; *IEEE Transactions on Industrial Electronics*; *IEEE Transactions on Power Electronics*; *IEEE Transactions on Automatic Control*; *IEEE TRANSACTIONS on Signal Processing*; e *IEEE TRANSACTIONS on Magnetics*.

Ainda que a subárea de Engenharia Civil tenha contribuído com apenas três títulos, vale mencionar que os periódicos *Computers & Structures* e *Journal of Hazardous Materials* são considerados por Cañas-Guerrero (2013) como veículos influentes nesta subárea. O primeiro engloba a produção dos trinta países líderes nesta subárea, ao passo que o segundo possui grande influência no aumento do impacto de países como a China, Índia, Espanha e Brasil.

Em relação aos estratos Qualis, 87,54% dos periódicos centrais (**Tabela 11**) apresentaram estratos altos para a área: A1 (61,54%), A2 (20,00%) e B1 (6,15%). Apenas 7,69% não apresentaram estratificação pelo sistema. Devido à amplitude da Engenharia e as características próprias das subáreas, os critérios e procedimentos para inclusão de periódicos no sistema de classificação Qualis podem variar entre os grupos de Engenharias

⁷Outras informações sobre a IEEE podem ser acessadas no site institucional: <<http://www.ieee.org/index.html>>. Acesso em: 19 mar. 2016.

I, II, III e IV. Algumas utilizam o fator de impacto sem relativizar ao passo que outras necessitam da relativização para reduzir o desequilíbrio e também efeito de competição entre as subáreas do mesmo grupo. Diante dos resultados, pode-se dizer que a exigência da CAPES para que os pesquisadores vinculados ao SNPG em Engenharia publiquem em periódicos classificados nos estratos superiores do Qualis, preferencialmente A1 e A2 está sendo atendida pelos pesquisadores. A avaliação baseada no FI não só direciona os pesquisadores sobre onde publicar, como também auxilia os editores de periódicos nacionais a buscarem equiparação com a qualidade verificada pelos periódicos da WoS, proporcionando assim mais fontes qualificadas para publicação de artigos no país.

Outro indicador de qualidade dos periódicos, baseada no FI é a divisão dos títulos em Quartis do JCR, uma medida de posição do periódico de acordo com o impacto em determinada WC (Q1, Q2, Q3 e Q4). A distribuição do Quartil por subárea pode ser visualizada na **Tabela 13**:

Tabela 13 – Quartil dos 130 periódicos centrais na área de Engenharia distribuídos por subárea (1966-2014)

Subárea	Q1	Q2	Q3	Q4	SEM QUARTIL
Engenharia Biomédica	2	5	1	0	0
Engenharia Civil	3	0	0	0	0
Engenharia Elétrica	5	3	1	3	1
Engenharia de Materiais e Metalúrgica	20	11	1	4	1
Engenharia Mecânica	2	2	0	1	0
Engenharia Multidisciplinar	5	3	3	0	0
Engenharia Naval e Oceânica	0	1	0	0	0
Engenharia Nuclear	8	6	2	0	0
Engenharia de Produção	2	0	0	0	0
Engenharia Química	14	7	2	1	0
Engenharia Sanitária	5	2	2	1	0
TOTAL	66	40	12	10	2
%TOTAL	50,77%	30,77%	9,23%	7,69%	1,54%

Fonte: dados da pesquisa; JCR

O exame desta característica demonstrou que 50,77% dos 130 periódicos mais usados pelos pesquisadores da área de Engenharia se posicionam no primeiro Quartil (Q1) e 30,77% no segundo Quartil (Q2). Observa-se ainda que todas as subáreas concentram a maioria dos seus títulos em Q1 e Q2, reafirmando a tendência dos pesquisadores em publicar nos periódicos bem posicionados dentro da respectiva subárea, contribuindo

desta forma para manter ou aumentar as notas da avaliação do SNPG ou para obter mais visibilidade.

4.5 Principais Eventos utilizados para publicação da produção científica nacional na área da Engenharia (1966-2014)

A inclusão de anais de evento na WoS, é recente e os critérios da base de dados para inclusão dos mesmos ainda não estão muito claros para a comunidade científica. No entanto, estes documentos passaram a ser indexados devido a sua importância para a cobertura da literatura científica em ciências aplicadas e tecnológicas, como Engenharia e Ciência da Computação. Aproximadamente metade da literatura científica na área de Engenharia existente na WoS está publicada em anais de eventos; um terço em geociências e na maioria dos anos, mais de 20% em Física, Ciências Agrárias e Matemática, justificando estudos bibliométricos com base nesta tipologia (GLÄNZEL et al., 2006; MICHELS; FU, 2014).

Os resultados se baseiam no conjunto de 33.029 publicações classificadas pela WoS como trabalhos de evento (*proceedings papers*). Recuperou-se um total de 8.154 eventos, uma dispersão maior do que a verificada sobre os títulos de periódicos. Ao contrário das revistas, os nomes dos eventos não recebem uma padronização na base de dados, o que dificulta a contagem destas publicações pelo nome da mesma. Para compor o *ranking* dos 50 eventos principais (24,94% dos eventos), apresentados a seguir, na **Tabela 14**, foi necessário padronizar os nomes dos mesmos e agrupar o NP (número de publicação) das diferentes edições de um mesmo evento. Alguns possuem cobertura anual, outros ocorrem em edições bianuais e alguns têm presença esporádica no CPCI, resultando em lacunas que dificultam as análises em investigações bibliométricas (MICHELS; FU, 2014).

Tabela 14 – Principais Eventos utilizados para publicação da produção científica nacional na área da Engenharia (1966-2014)

(continua)

Nome do Evento	NP	%NP	Σ%NP	Subárea
INTERNATIONAL MICROWAVE AND OPTOELECTRONICS CONFERENCE	821	2,49	2,49	Eng. Elétrica
ADVANCED POWDER TECHNOLOGY	574	1,74	4,23	Eng. Quím.
IEEE INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON NEURAL NETWORKS	471	1,43	5,65	Eng. Elétrica
BRAZILIAN SYMPOSIUM ON COMPUTER GRAPHICS AND IMAGE PROCESSING	431	1,30	6,96	Eng. Multi
ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY SOCIETY	375	1,14	8,09	Eng. Bio/Eng. Elétrica
BRAZILIAN POWER ELECTRONICS CONFERENCE	339	1,03	9,12	Eng. Elétrica/Eng. Nuclear
IEEE INTERNATIONAL TELECOMMUNICATIONS SYMPOSIUM	338	1,02	10,14	Eng. Elétrica
IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CIRCUITS AND SYSTEMS	292	0,88	11,03	Eng. Elétrica
IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INDUSTRIAL ELECTRONICS	256	0,78	11,80	Eng. Elétrica
IEEE CONGRESS ON EVOLUTIONARY COMPUTATION	252	0,76	12,57	Eng. Elétrica
SYMPOSIUM ON INTEGRATED CIRCUITS AND SYSTEMS DESIGN	252	0,76	13,33	Eng. Elétrica
IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS MAN AND CYBERNETICS	241	0,73	14,06	Eng. Elétrica
MIDWEST SYMPOSIUM ON CIRCUITS AND SYSTEMS	209	0,63	14,69	Eng. Elétrica
IEEE PES TRANSMISSION & DISTRIBUTION CONFERENCE & EXPOSITION	202	0,61	15,30	Eng. Elétrica
ANNUAL CONFERENCE ON IEEE INDUSTRIAL ELECTRONICS SOCIETY	192	0,58	15,88	Eng. Elétrica
LATIN AMERICAN CONGRESS ON BIOMEDICAL ENGINEERING	168	0,51	16,39	Eng. Bio
APPLIED COMPUTING	167	0,51	16,90	Eng. Multi
INTERNATIONAL CONFERENCE ON CHEMICAL AND PROCESS ENGINEERING	165	0,50	17,40	Eng. Quím.
SYMPOSIUM ON PROCESS SYSTEMS ENGINEERING	160	0,48	17,88	Eng. Quím.
INTERNATIONAL CONFERENCE ON HARMONICS AND QUALITY OF POWER	144	0,44	18,32	Eng. Elétrica/ Eng. Nuclear
BRAZILIAN CONFERENCE ON MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING	132	0,40	18,72	Eng. Mat. e Metal.
BRAZILIAN SYMPOSIUM ON NEURAL NETWORKS	125	0,38	19,10	Eng. Elétrica
BRAZILIAN CERAMIC CONFERENCE	123	0,37	19,47	Eng. Mat. e Metal.
IEEE POWER AND ENERGY SOCIETY GENERAL MEETING	123	0,37	19,84	Eng. Elétrica
MICROELECTRONICS TECHNOLOGY AND DEVICES	123	0,37	20,21	Eng. Elétrica
SYMPOSIUM ON MICROELECTRONICS TECHNOLOGY AND DEVICES	100	0,30	20,52	Eng. Elétrica
BIOCERAMICS	97	0,29	20,81	Eng. Bio/Eng. Mat. e Metal.
CONFERENCE ON INNOVATIVE SMART GRID TECHNOLOGIES	95	0,29	21,10	Eng. Elétrica
IEEE ANNUAL POWER ELECTRONICS SPECIALISTS CONFERENCE	90	0,27	21,37	Eng. Elétrica
IEEE IAS INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRY APPLICATIONS	84	0,25	21,62	Eng. Elétrica
BRAZILIAN SYMPOSIUM ON COMPUTING SYSTEMS ENGINEERING	77	0,23	21,86	Eng. Multi
IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL INFORMATICS	76	0,23	22,09	Eng. Elétrica
BRICS COUNTRIES CONGRESS ON COMPUTATIONAL INTELLIGENCE	75	0,23	22,32	Eng. Multi
IBERIAN CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES	75	0,23	22,54	Eng. Multi
POWER ELECTRONIC SPECIALISTS CONFERENCE	75	0,23	22,77	Eng. Elétrica/ Eng. Nuclear
INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT SYSTEMS DESIGN AND APPLICATIONS	73	0,22	22,99	Eng. Elétrica
ISPRS COMMISSION	61	0,18	23,17	Eng. Sanitária
INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ELECTRETS	60	0,18	23,36	Eng. Elétrica
INTERNATIONAL CONFERENCE ON EXPERIMENTAL MECHANICS	48	0,15	23,50	Eng. Mat. e Metal.
INTERNATIONAL CONFERENCE ON HYBRID INTELLIGENT SYSTEMS	48	0,15	23,65	Eng. Mat. e Metal. /Eng. Mec.
INTERNATIONAL CONGRESS INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY	46	0,14	23,79	Eng. Sanitária/ Eng. Civil
SYMPOSIUM ON VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY	45	0,14	23,92	Eng. Elétrica
INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOMASS	44	0,13	24,06	Eng. Quím.
INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON METASTABLE, AMORPHOUS AND NANOSTRUCTURED MATERIALS	44	0,13	24,19	Eng. Mat. e Metal.
COMPLEX SYSTEMS CONCURRENT ENGINEERING	43	0,13	24,32	Eng. de Produção

(conclusão)

Nome do Evento	NP	%NP	$\Sigma\%NP$	Subárea
IEEE LATIN AMERICAN SYMPOSIUM ON CIRCUITS AND SYSTEMS	43	0,13	24,45	Eng. Elétrica
RECENT DEVELOPMENTS IN SOIL AND PAVEMENT MECHANICS	42	0,13	24,58	Eng. Civil
BRAZILIAN CONFERENCE ON INTELLIGENT SYSTEMS	41	0,12	24,70	Eng. Elétrica
CONFERENCE ON GRAPHICS PATTERNS AND IMAGES	40	0,12	24,82	Eng. Elétrica
INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COMPUTER GRAPHICS IMAGE PROCESSING AND VISION	39	0,12	24,94	Eng. Multi
Subtotal NP (trabalhos de evento)	8236	24,94	..	..
Outros eventos NP (trabalhos de evento)	24793	75,06	100,00	..
TOTAL NP (trabalhos de evento)	33029	100,00	..	..

Fonte: dados da pesquisa; Legenda: NP=número de publicações.

Verificou-se que mais da metade dos eventos principais da área de Engenharia se concentram em Engenharia Elétrica, confirmando os resultados anteriores sobre a importância tipológica dos eventos para esta subárea. Observou-se o aparecimento de vários eventos da IEEE, reforçando seu prestígio. Também foi possível detectar a presença de pelo menos sete eventos nacionais nesta lista, o que significa que os mesmos atenderam aos critérios de inclusão da WoS, fato que pode embasar futuras investigações.

4.6 Autores mais frequentes nas publicações nacionais de Engenharia (1966-2014)

O exame das 95.069 publicações resultou em 116.000 autores diferentes que produziram publicações nacionais no domínio em Engenharia. Os dados desta análise foram extraídos do campo C1 (*author address*) da WoS. Neste estudo, considera-se que os autores (sob o ponto de vista micro) são os indivíduos que participam intelectualmente de várias etapas de um processo criativo que conduz à elaboração de um estudo voltado ao avanço da ciência (PETROIANU, 2002). Sob um ponto de vista macro, considera-se que as instituições e os países associados à produção intelectual dos autores também são agentes produtores de pesquisa.

O conjunto de dados de produtividade foi analisado a partir da aplicação de medidas de tendência central, as quais auxiliam na indicação de valores típicos para o *corpus*. A **Tabela 15** apresenta as estatísticas descritivas da ocorrência de autores nas publicações:

Tabela 15 – Ocorrência de autores nas publicações nacionais de Engenharia (1966-2014)

Medida descritiva	Valor
Média de ocorrências	3,93
Mediana	3
Modo	3
Desvio padrão	7,34
Mínimo	1
Máximo	816
Soma	374383
Contagem publicações	95069

Fonte: dados da pesquisa

Observou-se que os pesquisadores da área de Engenharia publicaram uma média de 3,93 trabalhos entre 1966 e 2014. Corroborou-se o baixo grau de dispersão do conjunto de valores ponderados uma vez que o desvio padrão se aproximou da média: 7,34. O valor da mediana indica que 50% dos autores acumulou 3 publicações ao longo do período.

O número máximo de autores por publicação (816) surge num artigo publicado em 2006, associado à Engenharia Nuclear, subárea correlata com a Física de partículas, caracteriza pela multiautoridade (ALVAREZ, 2015). Os autores apresentaram vínculo com instituições brasileiras, como o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (RJ), Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e UNESP (SP) e também instituições estrangeiras, situadas na Argentina, Colômbia, Equador, México, França, Alemanha, Estados Unidos, China, Canadá, Rússia, República Checa, Holanda, Polônia, Suíça e Coréia do Sul.

A **Tabela 16** a seguir reúne os 20 autores mais frequentes nas publicações nacionais na área de Engenharia, em ordem decrescente de ocorrências:

Tabela 16 – Autores mais frequentes nas publicações nacionais de Engenharia (1966-2014)

Autores	NP	Instituição	Área de Formação
LONGO, Elson	513	UNESP (SP)	Química
VARELA, José A	468	UNESP (SP)	Física
GARCIA, Amauri	271	UNICAMP (SP)	Eng. Mecânica
MACIEL FILHO, Rubens	263	UNICAMP (SP)	Eng. Química
MONTEIRO, Sérgio Neves	238	IME (RJ)	Eng. de Materiais e Metalúrgica
LEITE, Edson Roberto	229	UFSCAR (SP)	Eng. de Materiais e Metalúrgica
JACOBINA, Cursino Brandão	227	UFCG (PB)	Eng. Elétrica
CARRO, Luigi	222	UFRGS (RS)	Eng. Elétrica/Ciência da Computação
OLIVEIRA JUNIOR, Osvaldo Novaes	206	USP (SP)	Física
LIMA, Antônio Marcus Nogueira	192	UFCG (PB)	Eng. Elétrica
BARBI, Ivo	187	UFSC (SC)	Eng. Elétrica
MORAIS, Paulo C	183	UNB (DF)	Física
BOTTA, Walter José	182	UFSCAR (SP)	Eng. de Materiais e Metalúrgica
PANDOLFELLI, Victor Carlos	176	UFSCAR (SP)	Eng. de Materiais e Metalúrgica
PERES, Pedro Luis Dias Pedro	172	UNICAMP (SP)	Eng. Elétrica
EIRAS, José Antônio	167	UFSCAR (SP)	Física
LOPES, Ricardo T	165	UFRJ (RJ)	Eng. Nuclear
EBECKEN, Nelson Francisco Favilla	164	UFRJ (RJ)	Eng. Civil
BEHAR, Moni	153	UFRGS (RS)	Física
RIBEIRO, Sidney José Lima	152	UNESP (SP)	Química

Fonte: dados da pesquisa; Currículo Lattes (busca realizada em: 29 fev. 2016)

Legenda: **NP**= número de publicações.

Os resultados demonstraram que os autores mais frequentes estão vinculados a instituições situadas no Brasil, concentradas na região sudeste. O pesquisador mais frequente foi Elson Longo da Silva, doutor em Físico-Química pelo Instituto de Física da USP e docente vinculado à pós-graduação em Química da UNESP e UFSCar. Em relação às áreas de atuação dos autores, observou-se uma predominância da própria área de Engenharia (13 autores) e áreas correlatas, como a Física e a Química. A Engenharia Elétrica e a Física são os campos que concentraram a maioria dos autores principais.

Em relação às instituições, O IME e a UFRJ são instituições pioneiras (1969) na pós-graduação em Ciências dos Materiais e Engenharia Nuclear, respectivamente. Segundo a FAPESP (2010), a UNICAMP é a principal instituição paulista para a área de Engenharia, liderando os *rankings* de produção científica indexada em bases de dados na área. A UFSCar, que aparece associada à Engenharia de Materiais e Metalúrgica, é destaque paulista na área de Ciência dos Materiais, que é afim com a Engenharia de Materiais e Metalúrgica. Já as áreas de Física e Química são estratégicas para USP e UNESP. Em ambas,

a Física é a segunda área mais produtiva, seguida pela Química (FAPESP, 2010). O PPG em Engenharia Elétrica da UFRGS (vínculo do professor Luigi Carro, que também é docente no Instituto de Informática da UFRGS) é considerado de excelência pois obteve nota 6 na avaliação trienal 2013 da CAPES. Esta nota se deve ao desempenho diferenciado no que diz respeito à produção relevante, ao nível de excelência equivalente aos PPGs do exterior, e à influência e representatividade do corpo docente perante a respectiva comunidade científica. Os resultados evidenciaram que a pesquisa nacional em Engenharia tende a ser desenvolvida por recursos humanos nacionais de qualidade que atuam na área de Engenharia.

4.7 Temas recorrentes da produção científica nacional em Engenharia e coocorrências

As palavras-chave atribuídas pelos autores foram examinadas com o objetivo de investigar quais aspectos da área de Engenharia estão sendo investigados no Brasil e se a produção científica se encontra fortalecida em temas estratégicos para o país como biotecnologia, nanotecnologia, matriz nacional de combustíveis e energias renováveis, recursos hídricos, indústria, saúde e plásticos (PROJETO BRASIL 3 TEMPOS, 2006).

Existem dois campos na WoS para a recuperação de palavras-chave. O campo *Keywords* (DE) e o campo *Keywords Plus*, ou KW+ (ID). O campo DE fornece palavras-chave atribuídas diretamente pelos autores das publicações indexadas pela WoS, ao passo que o campo ID fornece palavras-chave extraídas dos títulos referenciados ou citados nas publicações. Realizou-se uma comparação entre as listas de termos mais frequentes de cada campo (DE e ID) por uma bibliotecária da UFRGS, com experiência em indexação na área de Engenharia. De acordo com a profissional, as palavras-chave que expressaram os conceitos mais adequados para a área de Engenharia estavam presentes no campo DE.

As palavras-chave do autor (DE) estão incluídas nas publicações dos índices da Coleção Principal da WoS desde 1991 em diante, entretanto foram encontradas 44 ocorrências nos anos de 1986 e 1990. A dispersão de palavras-chave dos pesquisadores foi grande, mais de 260.000, pois são termos aleatórios, que não obedecem a nenhuma regra de controle terminológico para sinônimos, plural ou singular. Assim, as possíveis distorções

provenientes destas limitações e as definições por agrupamento de conceitos segundo o significado das palavras-chave foram desconsideradas. As 66 palavras-chave mais frequentes (com ocorrência em pelo menos 100 publicações) foram revisadas no sentido de padronizar plural e singular para apresentação no *ranking*. O estudo não considera as expressões linguísticas relacionadas aos sinônimos, siglas, abreviações, formas plurais e singulares, tampouco a definição por agrupamentos de conceitos segundo o significado das palavras-chave.

Os termos *Renewable Energy* (Energias renováveis) e *Water Resources* (*Recursos hídricos*) também fazem parte da listagem de palavras frequentes, por serem temas estratégicos para o país para 2020 (PROJETO BRASIL 3 TEMPOS, 2006). As palavras-chave foram apresentadas em inglês com a correspondente tradução para o português como aparecem no catálogo de autoridades de assunto da biblioteca de Engenharia da UFRGS (SABi).

Tabela 17 – Palavras-chave atribuídas pelos pesquisadores brasileiros na área de Engenharia (1966-2014)

(continua)

Palavra-chave	NP
Artificial neural networks (Redes Neurais Artificiais)	1342
Optimization (Otimização)	636
Modeling (Modelagem)	568
Genetic algorithms (Algoritmos genéticos)	558
Microstructure (Microestrutura)	551
Simulation (Simulação)	529
Finite elements method (Método os elementos finitos)	503
Mechanical properties (Propriedades Mecânicas)	489
Adsorption (Absorção)	400
X-ray diffraction (Difração de raios-X)	400
Composite (Compósitos)	336
Biodiesel	315
Image processing (Processamento de imagens)	266
Ethanol	255
Corrosion (Corrosão)	254
Monte Carlo method (Método de Monte Carlo)	251
Sintering (Sinterização)	247
Thin films (Filmes finos)	244
Recycling (Reciclagem)	225

(continuação)

Palavra-chave	NP
Nanoparticles (Nanopartículas)	221
Ceramics (Cerâmica)	204
Kinetics (Cinética)	200
Magnetic properties (Propriedades magnéticas)	190
Stability (Estabilidade)	177
Reliability (Confiabilidade)	173
Sol-gel	173
Remote sensing (Sensoriamento remoto)	163
Data mining (Mineração de dados)	161
Mathematical modeling (Modelagem matemática)	156
Nanocomposites (Nanocompósitos)	156
Monte Carlo simulation (Simulação de Monte Carlo)	155
Titanium (Titânio)	149
Optical properties (Propriedades óticas)	147
Hydroxyapatite (Hidroxiapatita)	146
Oxidation (Oxidação)	145
Artificial Intelligence (Inteligência artificial)	142
Biomaterials (Biomateriais)	141
Polyaniline (Polianilina)	139
Parameter estimation (Estimativa paramétrica)	137
Machine learning (Sistemas inteligentes)	134
Sustainability (Sustentabilidade)	132
Clustering (Cluster)	131
Nanostructures (Nanoestruturas)	130
Rheology (Reologia)	130
Biomass (Biomassa)	129
Heat transfer (Transferência de calor)	129
Numerical simulation (Simulação numérica)	128
Energy efficiency (Eficiência energética)	124
Mechanical alloying (Ligas mecânicas)	124
Design (Projeto)	122
Carbon nanotubes (Nanotubos de carbono)	115
Polymers (Polímeros)	114
Biosorption (Biossorção)	111
Wastewater (águas residuais)	234
Wireless sensor networks (Redes de sensores sem fio)	110
Concrete (Concreto)	109
Copper (Cobre)	107
Electrical properties (Propriedades elétricas)	106
Hydrogen (Hidrogênio)	105
Scanning electron microscopy (Microscopia de transmissão eletrônica)	103
Adaptive control (Controle adaptativo)	102
Mossbauer spectroscopy (Espectroscopia mossbauer)	102
Stainless steel (Aço inoxidável)	102

	(conclusão)
Palavra-chave	NP
Atomic force microscopy (Força atômica microscópica)	101
Electron microscopy (Microscopia eletrônica)	100
*Renewable energy	97
*Water Resources	60

Fonte: dados da pesquisa

Legenda: **NP**= número de publicações. *palavra-chave com menos de 100 ocorrências.

Segundo a revisão profissional mencionada anteriormente, de um modo geral, a maioria das palavras-chave oferecem conceitos empregados na área da Engenharia, utilizados em sua forma traduzida como descritores de assunto dos documentos de Engenharia, registrados no catálogo *online* do Sistema de Biblioteca da UFRGS. A palavra-chave mais frequente foi *Artificial neural networks*, traduzida como Redes neurais artificiais (RNA), um assunto associado principalmente à inteligência artificial para obtenção de soluções em Mecatrônica. Esta palavra-chave foi atribuída nas publicações associadas a todas as subáreas, demonstrando o interesse pela aplicação dos sistemas inteligentes como estratégia para a inovação na indústria e na saúde, por exemplo.

No Brasil, o Programa de Desenvolvimento Produtivo (PDP) lançado em 2009 serviu para investigar os estágios de evolução das linhas de pesquisa de acordo com as prioridades para o desenvolvimento econômico país. As áreas e os setores foram classificados de acordo com os três estágios de desenvolvimento econômico: *Mobilização; Consolidação e Liderança; e Competitividade*. A *mobilização* em áreas estratégicas direciona o desenvolvimento para atividades de pesquisa sobre o complexo industrial da saúde e da defesa; TICs; energia nuclear; nanotecnologia e biotecnologia. A *Consolidação e liderança* é o estágio em que a pesquisa ocorre no complexo aeronáutico, petróleo, gás natural, petroquímica, biocombustíveis, mineração, siderurgia, celulose e papel, e carnes. Por fim, a *Competitividade* exige resultados otimizados no complexo automotivo e de serviços, bens de capital, têxtil e confecções, madeira, móveis, artefatos, perfumaria e cosméticos, construção civil, indústria naval e de cabotagem, plástico.

Uma área com real potencial de competitividade para o Brasil no mercado internacional é a biotecnologia, justificada pelo capital intelectual privilegiado (no mesmo nível da China e Estados Unidos) e também pelo sucesso nacional do agronegócio e do mercado de fármacos, especialmente no que se refere a doenças tropicais (PROJETO

BRASIL 3 TEMPOS). Outra tecnologia estratégica relacionada à biotecnologia com previsão de incremento de 30% na produção e consumo até 2022 é a matriz nacional de combustíveis (com foco em biocombustíveis e energias renováveis (PROJETO BRASIL 3 TEMPOS, 2006; STEINER, 2006).

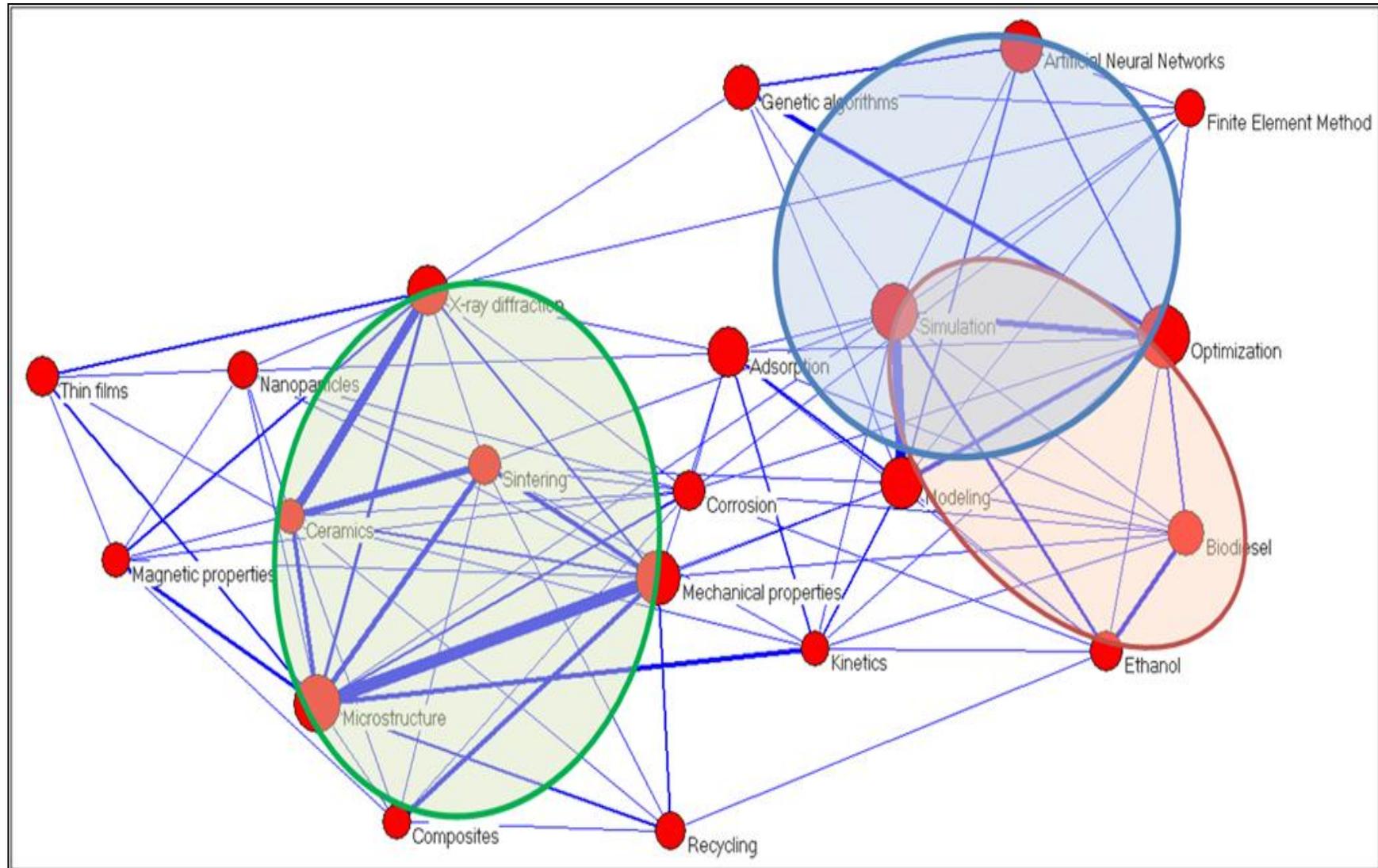
A mecatrônica, a nanotecnologia e os materiais inovadores são consideradas forças tecnológicas habilitadoras de inovação com impacto em muitos setores. O desenvolvimento destes temas pela Engenharia tem o poder de ocasionar transformações ilimitadas na vida da sociedade. Segundo Guimarães, Oliveira e Prata (2007), a prioridade no que se refere à criação de novas subáreas, modalidades ou habilitações no âmbito da Engenharia perpassa pelo domínio de tais tecnologias.

A baixa frequência de publicações sobre recursos hídricos (*Water resources*) revela uma deficiência que já se manifestou em 2006, quando da elaboração do Projeto Brasil 3 Tempos, demonstrando que é necessário ampliar o contingente de pesquisadores atuando em Engenharia Sanitária, Civil, Minas e Engenharia Naval e Oceânica, e mais do que nunca estreitar os laços interdisciplinares entre todas as subáreas na busca de soluções para estas questões.

Os resultados indicam também uma carência em relação aos termos utilizados na área de Engenharia Aeroespacial, pois uma pesquisa no *corpus* do trabalho atestou que não há concentração de palavras-chave nesta subárea, todas são muito dispersas, aparecendo em, no máximo, seis publicações, como por exemplo: *Interference* (6 publicações), *Space Weather* (5 publicações), *Solar Flares* (4 publicações) e *Astrodynamics* (4 publicações).

A próxima análise diz respeito à ocorrência simultânea de pares de palavras-chave nas publicações (ou coocorrência de palavras-chave). Os vértices representam as 21 palavras-chave mais frequentes e as linhas representam a quantidade de vezes que um par de palavras-chave figurou numa mesma publicação. Quanto mais escuras e grossas forem as linhas, maior a coocorrência. A rede está representada na **Figura 21**, abaixo:

Figura 21 – Rede de coocorrência das palavras-chave das publicações nacionais de Engenharia (1966-2014)



Fonte: dados da pesquisa, Pajek

Através do grafo, foi possível perceber a existência de três *clusters* formados pela forte complementaridade temática entre as palavras-chave. O primeiro agrupamento comportou os termos *Artificial Neural Network, Finite Element Method, Genetic Algorithm, Optimization, Modeling, e Simulation* fazem parte das questões computacionais e uso de técnicas matemáticas nos projetos industriais de Engenharia. Este *cluster* representa a Engenharia Multidisciplinar e a Engenharia Elétrica, que foram as subáreas mais produtivas. O segundo agrupamento representa a Engenharia de Materiais e Metalúrgica (terceira subárea mais produtiva) através dos termos *Microstructure, Mechanical Properties, X-Ray Diffraction, Ceramics, Composites, e Sintering*, que tratam dos materiais, suas técnicas de caracterização, propriedades e aplicações nas diversas áreas. O terceiro agrupamento representa a Engenharia Nuclear e a Engenharia Química (também as mais produtivas) e abrange as temáticas sobre biotecnologia, energias renováveis e matriz nacional de combustíveis, através dos termos *Biodiesel, Ethanol, Simulation e Optimization*.

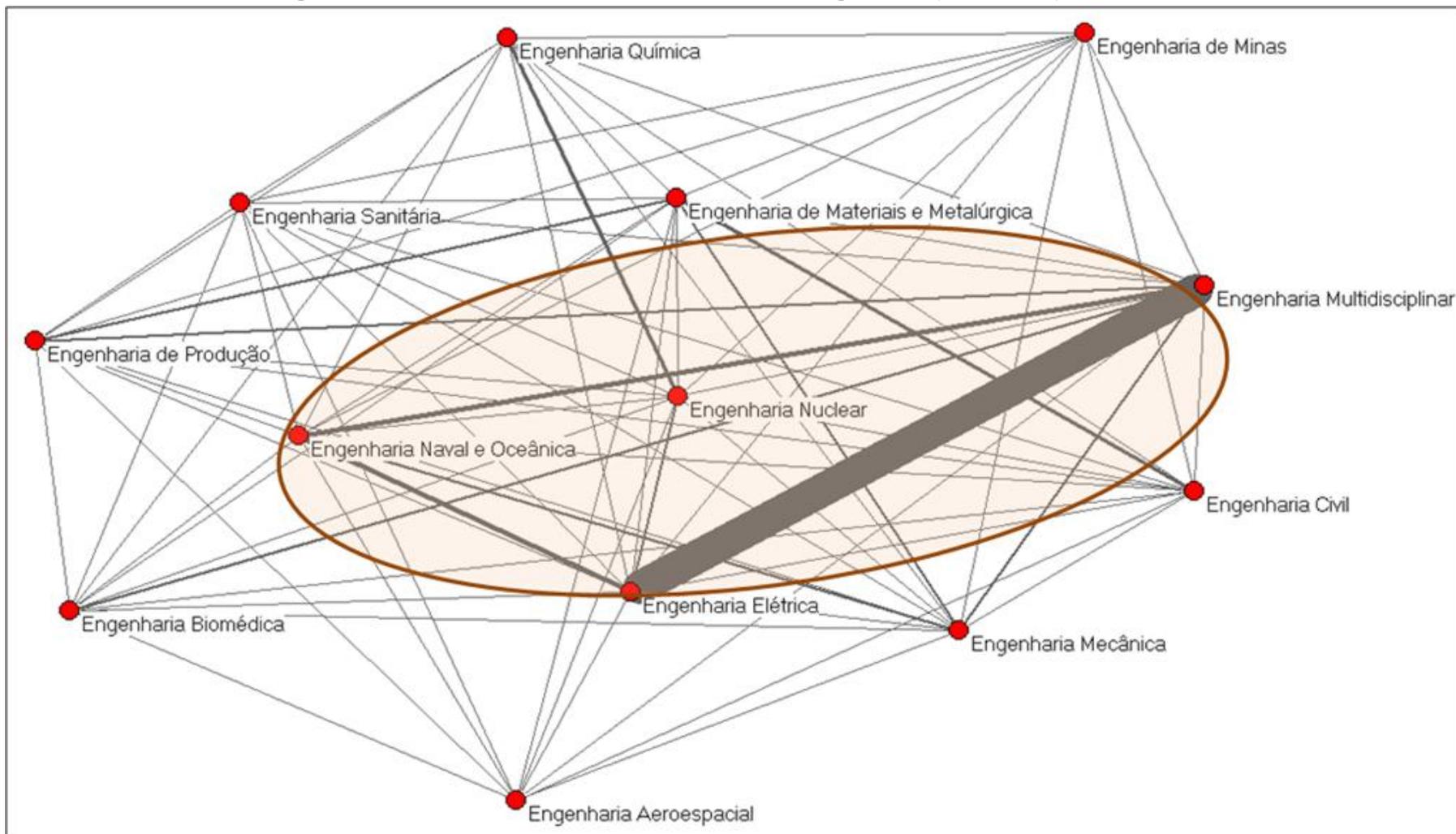
Apesar da grande dispersão de palavras-chave, os resultados, de um modo geral, indicam manifestações avançadas em áreas estratégicas para o país ao tratar de temas como nanotecnologia e biotecnologia. Também é possível discernir que numa abordagem intermediária de consolidação e liderança, foram abordados temas referentes às energias renováveis (limpas): biomassa, biocombustíveis (bioetanol) e ethanol; e de competitividade ao aprofundar a questão dos biocombustíveis com foco no biodiesel. Contudo, o país ainda precisa reforçar a pesquisa em temas estratégicos, como recursos hídricos, indústria naval e cabotagem, construção civil e plásticos (PROJETO BRASIL 3 TEMPOS, 2006).

4.8 Rede de coocorrências das subáreas da produção científica nacional em Engenharia

A rede de coocorrências das subáreas foi elaborada para obter conhecimento sobre a intersecção da pesquisa existente entre elas, explorar as possíveis relações e tecer algumas considerações. Esta rede se constitui de 13 *vértices*, que representam as 13 subáreas e de várias linhas (conexões entre os vértices), que representam a quantidade de vezes que um par de subáreas se apresentou em uma mesma

publicação. Convém ressaltar que a rede não comportou as publicações classificadas em uma única subárea. O grafo está representado na **Figura 22**, abaixo:

Figura 22 – Rede de coocorrência das subáreas de Engenharia (1966-2014)



Fonte: dados da pesquisa, Pajek

Os resultados anteriores sobre temporalidade, idioma, tipologia, periódicos e eventos já explicitaram algumas inter-relações devido às semelhanças entre as subáreas. O grafo (**Figura 13**) representa a intersecção em algum nível entre os estudos correlatos classificadas em duas ou mais subáreas. Algumas delas coocorrem com bastante intensidade. Percebeu-se uma semelhança entre o grafo e o esquemático de Oliveira e outros (2013), apresentado anteriormente através da Figura 2 (p. 39), pois em ambos a Engenharia de Materiais e Metalúrgica está centralizada na figura, explicitando sua influência entre as Engenharias por ser uma subárea que atua em conjunto com as demais ao direcionar seu escopo para a estrutura, propriedades e processamento de materiais novos ou existentes com possibilidades de aplicação em vários setores.

Também observou-se a presença de um cluster formado por Engenharia Multidisciplinar, Engenharia Elétrica e Engenharia Naval e Oceânica, devido aos interesses em torno da tecnologia da computação (redes neurais artificiais e sistemas inteligentes), controle e automação e mecatrônica para o desenvolvimento de robôs submarinos, por exemplo.

A partir do grupo de Engenharias I da CAPES, representado neste estudo por Engenharia Civil e Engenharia Sanitária, notou-se que elas não se correlacionam com frequência, o que pode significar interesses distintos dos pesquisadores. A Engenharia Civil apresenta uma força relacional apenas com a Engenharia de Materiais e Metalúrgica (subárea do grupo de Engenharias II), devido ao interesse pela pesquisa de novos materiais e suas propriedades para aplicação no setor da construção. A Engenharia Sanitária demonstra ser uma área com pesquisas concentradas em torno de temáticas próprias, como por exemplo, a busca de soluções para contornar a escassez de recursos naturais importantes como a água. Isto se torna um obstáculo para a desejada integração e o aumento do equilíbrio entre as subáreas, visto que os questionamentos acerca da sustentabilidade e desenvolvimento de ferramentas analíticas para o ciclo de vida dos produtos deveriam servir de base para todos os projetos de Engenharia (GUIMARÃES; OLIVEIRA; PRATA, 2007; OLIVEIRA et al., 2013).

No grupo de Engenharias II (Engenharia Química, Nuclear, Minas, Materiais e Metalúrgica), verifica-se uma correlação expressiva entre Engenharia Química e Nuclear, pois a última é originalmente uma ramificação da primeira. A Engenharia Nuclear também

mantém alguma coocorrência com a Engenharia Elétrica (grupo IV), pelo interesse comum em fontes alternativas de energia. Para a CAPES, existe uma forte tendência interdisciplinar no grupo II, pois o desenvolvimento de um projeto químico, por exemplo, necessita da presença de materiais inovadores, entretanto, as coocorrências da Engenharia Química demonstram que esta subárea pouco se relaciona com Materiais e Metalúrgica e Minas. A Engenharia de Minas não coocorre com intensidade com nenhuma subárea, talvez porque a lavra de minas é um dos temas mais clássicos e tradicionais dentro da Engenharia, mas mesmo assim necessita incorporar conhecimentos inovadores sobre materiais, hidráulica, mecânica das rochas e matemática (CAPES, 2013). A Engenharia de Materiais e Metalúrgica, como já mencionado, demonstra um laço mais denso com a Engenharia Civil (grupo I), alguma coocorrência com subáreas do grupo II, como a Engenharia Mecânica (por ser uma vertente da mesma) e também com a Engenharia de Produção, pela necessidade de otimização de técnicas industriais para a soldagem e também pelo interesse nos efeitos que as microestruturas apresentam sobre as propriedades e o processamento das ligas de alumínio.

O grupo de avaliação das Engenharias III (Engenharia Mecânica, Produção, Naval e Oceânica, e Aeroespacial) apresentou uma coocorrência significativa entre Engenharia Mecânica e Engenharia Naval e Oceânica. Entretanto, as coocorrências extra-grupo são mais densas: Mecânica com Materiais e Metalúrgica (grupo II) e com Multidisciplinar, explicada pelo interesse comum em temas como nanotecnologia e mecatrônica. A Engenharia de Produção, por sua vez coocorre nas publicações juntamente com Materiais e Metalúrgica (grupo II) e Multidisciplinar. É desejável que a Engenharia de Produção dialogue com as demais subáreas e se integre no contexto estratégico dos produtos e empreendimentos de Engenharia, promovendo o desenvolvimento do setor industrial (GUIMARÃES; OLIVEIRA; PRATA, 2007; OLIVEIRA et al., 2013). A Engenharia Aeroespacial, apesar da forte relação temática com a Mecânica (OLIVEIRA et al., 2013), não apresentou coocorrência significativa com nenhuma subárea.

Finalmente, o grupo de Engenharias IV composto por Engenharia Elétrica e Biomédica (e também a Engenharia Multidisciplinar por compreender os temas referentes à eletrônica e computação), reflete os níveis mais altos de correlação do grafo, através da

coocorrência entre Engenharia Elétrica e Multidisciplinar; e da Biomédica com Multidisciplinar.

De um modo geral, os resultados reforçam o caráter multi e interdisciplinar da pesquisa em Engenharia, pois a área como um todo é muito ampla, com várias conexões, não só entre as suas subáreas, como também com ciências correlatas (Física, Química, Matemática, Biologia, Ciências da Computação, etc) para a elaboração de projetos, soluções e produtos envolvendo aplicação de tecnologia. Apesar de simplificada, este tipo de exploração pode auxiliar a determinar caminhos em busca do equilíbrio da produção científica entre as subáreas de Engenharia.

5 CONCLUSÃO

A presente dissertação apresentou as características da produção científica nacional em Engenharia através da análise de 95.069 publicações indexadas na base de dados *Web of Science*, entre 1966 e 2014. Ressalta-se que essa base de dados não abrange toda a produção científica de uma área, instituição ou país, mas é uma fonte informacional consagrada pela cobertura da ciência *mainstream* e pela estrutura de dados facilitadora de análises bibliométricas. Os resultados científicos (*outputs*) se destacam como elementos de impulso de atividades em CT&I e também se refletem em estratégia competitiva na esfera econômica global. Além disso, subsidiam maior compreensão de como se comportam as áreas emergentes e consolidadas do conhecimento, justificando o acompanhamento contínuo das suas características. Pode-se afirmar que esta pesquisa atendeu ao objetivo de mapear as características da produção científica nacional de qualidade na área da Engenharia, atualizando os estudos anteriores nesta área e também complementando outros estudos já realizados no âmbito da ciência brasileira.

A produção científica nacional em Engenharia tem reflexo direto na inovação tecnológica do país. O exame dos indicadores de produção revelou que o Brasil se posiciona entre os vinte países mais produtivos na área e líder na América Latina, com uma participação de 1,02% de publicações. A primeira vista, este percentual pode ser muito pequeno quando comparado ao percentual dos países líderes (que juntos reúnem 50% da produção em Engenharia), porém se considerar o início recente do desenvolvimento tecnológico do Brasil (década de 50) e da sua pós-graduação (década de 60), a Engenharia nacional demonstra franco desenvolvimento, pois apresentou uma curva de crescimento quinquenal do número de publicações similar à Engenharia mundial, apesar dos números nacionais serem menores. Ressalta-se que a produção mundial na área demonstrou uma queda no período das crises mundiais (2005 a 2009), o que não ocorreu com a produção nacional que continuou em ascensão, pois a área de Engenharia sempre foi priorizada nas políticas públicas nacionais de desenvolvimento em C&T.

Como reflexo destes investimentos, a grandeza da área de Engenharia no país se reflete em vários aspectos. O primeiro é o percentual de representatividade de publicações brasileiras indexadas na WoS: 15,76%, semelhante aos 15,56% da Química (MENEZES, 2016

entre 2004-2013), maior que o da Matemática, 3,19% (QUEIROZ, 2016 entre 2004-2013), e pouco menor que o das Ciências Agrárias, 19,96% (VARGAS, 2014 entre 2000-2011), uma área de grande destaque no Brasil desde o incremento de periódicos nacionais na WoS, em 2007.

O segundo aspecto se refere ao crescimento médio anual de 12,53% (1973-2014) e ao crescimento médio quinquenal, de 68,09%, superiores ao da Ciência brasileira, fixado em 9,83% (anual) e 53,70% (quinquenal). As faixas temporais com valores negativos não impediram o crescimento da produção, como demonstrado pelo coeficiente de determinação (R^2) de 0,9846, com base no modelo de crescimento polinomial. Comprovou-se também que o avanço anual consistente da produção a partir de 1998 está correlacionado com a expansão do Sistema Nacional de Pós-Graduação em Engenharia, fato que pôde ser comprovado pelo índice de correlação de Pearson no valor de 0,965, que é muito próximo a 1. A franca evolução das publicações na área de Engenharia indica que, em relação à produtividade científica, representada pelo número de publicações indexadas na WoS, a área está cumprindo às exigências da CAPES, justificando os investimentos públicos nas atividades de CT&I. Por ser considerada uma área tecnológica e estratégica para o desenvolvimento econômico e social do país, espera-se que a evolução da produção científica possa promover a formação de redes de conhecimento entre governo, universidades e o setor produtivo, gerando recursos humanos qualificados, inovação de produtos e processos para a obtenção de vantagens competitivas na esfera global.

Outro aspecto ousado e desafiador diz respeito a amplitude temática da Engenharia, representada pela diversidade de subáreas, com interesses e características às vezes tão distintas, e em outras vezes, tão correlacionadas. A todo o momento uma nova subárea emerge ante o dinamismo imposto pela velocidade com que a tecnologia avança. Neste estudo, foram definidas 13 subáreas tradicionais para a investigação: Engenharia Aeroespacial, Engenharia Biomédica, Engenharia Civil, Engenharia Elétrica, Engenharia de Materiais e Metalúrgica, Engenharia Mecânica, Engenharia de Minas, Engenharia Multidisciplinar, Engenharia Naval e Oceânica, Engenharia Nuclear, Engenharia de Produção, Engenharia Química e Engenharia Sanitária.

Como subáreas mais produtivas no domínio da Engenharia, se destacam a Engenharia Multidisciplinar (28,43%), Engenharia Elétrica (25,53%), Engenharia de Materiais

e Metalúrgica (22,05%), Engenharia Nuclear (10,23%) e Engenharia Química (ainda que em menor proporção, com 9,39%). Estes resultados expressam o interesse científico por temas interdisciplinares acerca da Ciência da Computação; Matemática e Educação na Engenharia; tecnologias de gestão de energia (elétrica e nuclear), materiais sofisticados (biomateriais), reatores químicos, biorreatores e também a forte aplicação da tecnologia na Medicina (radiação, ressonância magnética, e nanotecnologia).

A despeito do crescimento médio das subáreas, algumas ultrapassaram o crescimento médio de 12,53% da Engenharia: Engenharia Multidisciplinar (20,02%), Engenharia Civil (15,50%) e Engenharia de Produção (15,06%). Estas últimas integram, respectivamente os grupos de Engenharias I e III, que foram os grupos com maior crescimento médio anual no número de PPGs, respectivamente 7,11% e 6,67%. As demais subáreas, no geral, se aproximaram da média de 12,53%, com exceção da Engenharia Aeroespacial (2,82%), uma média bem abaixo do que se espera de uma subárea que nasceu nas dependências do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) nos anos 60 para revolucionar o ensino superior de Engenharia no Brasil e alavancar o crescimento tecnológico brasileiro. Estudos específicos sobre esta subárea devem ser realizados, no intuito de verificar como a subárea se comporta em outros países; e também identificar se a baixa produção pode estar relacionada com os salários atrativos de um mercado carente de engenheiros, o que contribui para afastar os recém formados do ramo acadêmico e de pesquisa.

Quando se compara o crescimento médio quinquenal da Engenharia, de 68,09% com o crescimento médio quinquenal das subáreas, percebe-se que todas apresentaram médias, acima de 40,00%, sendo que a maioria ficou acima de 70,00%, um resultado muito positivo. As melhores médias ficaram com a Engenharia de Produção (106,79%) e com a Engenharia Química (90,39%); já a menos coube à Engenharia Aeroespacial (39,89%). Chama a atenção que duas subáreas do grupo III estejam em polos opostos de crescimento médio: a Engenharia de Produção e a Engenharia Aeroespacial apresentam respectivamente, as maiores e as menores médias. Estes resultados reforçam a importância do exame individual das subáreas em prol de um retrato mais fiel da realidade. A partir desta noção, espera-se que mais características de cada subárea sejam exploradas em novas investigações bibliométricas, auxiliando no aperfeiçoamento do sistema de avaliação da CAPES.

As características idiomáticas das publicações indicaram uma tendência à internacionalização da área, por meio do predomínio do inglês em 97,46% das publicações, percentual maior do que os 80% verificados para a Ciência brasileira (LETA, 2012). Outro possível motivo para o predomínio idiomático é o baixo número de periódicos brasileiros nesta área (oito títulos), indexados pela WoS. Além de poucos títulos, apenas três aceitam submissões em português.

A investigação dos tipos de documentos foi muito importante para diferenciar a área da Engenharia em relação às demais áreas consideradas “ciências duras”, como a Química, a Física e a Matemática. A Engenharia é uma área aplicada com tendência a publicar artigos e trabalhos de evento, em quantidades semelhantes. A quantidade de publicações do tipo trabalhos de evento certamente foi responsável para que a Engenharia alcançasse o patamar de representatividade de 15,76% perante a Ciência brasileira. Assim, pode-se dizer que o índice de conferências idealizado pela WoS, a partir de 2008, impactou a produção científica nacional em Engenharia brasileira e por conseguinte, para a Ciência brasileira.

O exame tipológico dos documentos por subárea indicou que algumas tendem a publicar mais em periódicos do que outras, como a Engenharia Química, Engenharia Sanitária, Engenharia de Materiais e Metalúrgica, Engenharia Civil, Engenharia Biomédica, Engenharia Nuclear e Engenharia de Minas. Esta tendência inclusive pode alterar a posição das subáreas no *ranking* de produtividade quando o *corpus* se limita apenas aos artigos. Como exemplo desta constatação, pode-se citar a Engenharia de Materiais e Metalúrgica, que é a subárea líder em publicação de artigos.

As subáreas com maior tendência à publicação em anais de evento são: Engenharia Naval e Oceânica, Engenharia Elétrica, Engenharia Multidisciplinar e Engenharia de Produção, ao passo que a Engenharia Aeroespacial e a Engenharia Mecânica demonstraram equilíbrio no uso das duas tipologias. Os índices de conferências da WoS demonstraram ser impactantes para a evolução da produção científica nacional em Engenharia, mas não se encontram no mesmo nível de qualidade do *Journal Citation Reports* no que tange a oferta de métricas críveis para avaliação da produção científica no âmbito do SNPG. Assim, mesmo que os trabalhos de evento sejam tão representativos na área de Engenharia, é de suma importância identificar os periódicos principais usados pelos pesquisadores, pois os parâmetros referentes à quantificação de artigos publicados em periódicos *mainstream* da

pesquisa mundial na área são altamente relacionados com as notas atuais dos PPGs brasileiros. Meneghini (2014) destaca a baixa representatividade de periódicos nas áreas de exatas e Engenharia, distinguindo o perfil científico brasileiro do perfil de outros países emergentes que compõem o BRICS, como China, Índia e Rússia, nos quais estas áreas são dominantes. O exame do *corpus* da pesquisa resultou numa alta dispersão de títulos de periódicos, ocasionada pelo tamanho da área, pela quantidade de subáreas e pela característica interdisciplinar da mesma. Mais da metade dos artigos (51,00%) se concentraram em 6,50% de periódicos centrais (130 títulos) classificados dentro de alguma das 13 subáreas de Engenharia.

Os primeiros periódicos centrais foram *Brazilian Journal of Chemical Engineering* (669 publicações) e *Materials Research-Ibero-American Journal of Materials* (643 publicações), ambos de origem nacional, fato que indica uma preferência dos pesquisadores em publicar nas revistas nacionais que cumprem as exigências de qualidade da CAPES, como possuir estratos altos do Qualis (métrica baseada no fator de impacto dos periódicos) entre B2 e A1. Ao todo, oito revistas nacionais integraram o conjunto de periódicos principais, sendo que sete delas foram inclusas e indexadas após 2007 pela WoS. Os artigos publicados nestas revistas nacionais representaram 3,23% de produção científica, sugerindo que a inclusão das mesmas na WoS a partir de 2007 não incrementou a produção científica. Os demais títulos (122), em sua grande maioria foram editados na Europa e Estados Unidos.

Os periódicos apresentaram predominância temática em Engenharia de Materiais e Metalúrgica, Engenharia Química e Engenharia Nuclear, subáreas que anteriormente já apresentaram uma tendência à publicação em periódicos. Entretanto, as subáreas com um perfil mais voltado à publicação em eventos, como a Engenharia Multidisciplinar e a Engenharia Elétrica, por serem muito produtivas, também publicaram artigos em número suficiente para colocar seus periódicos dentre os principais, como os editados pela IEEE, importante instituição na área de Engenharia Elétrica e Eletrônica. A maioria dos títulos (87,54%) apresentou estratos Qualis entre B1 a A1, considerados altos para a área. A maioria dos periódicos centrais (83%) se posicionaram nos primeiros Quartis do JCR (Q1 e Q2), reafirmando a tendência dos pesquisadores da área de Engenharia em publicar nos periódicos bem posicionados dentro da respectiva subárea, contribuindo desta forma para obter mais visibilidade ou para manter ou aumentar as notas da avaliação do SNPG.

No que tange ao exame dos principais eventos, constatou-se que mais da metade se concentra em Engenharia Elétrica, reforçando os resultados anteriores sobre a importância dos eventos para esta subárea. Assim como ocorreu com os periódicos, a presença de vários eventos da IEEE também foi percebida. Além disso, constatou-se a presença de vários eventos nacionais nesta lista, dando indícios de que os mesmos apresentaram critérios satisfatórios para sua inclusão da WoS, o que pode embasar as futuras avaliações da área de Engenharia.

O exame da autoridade da pesquisa nacional na área de Engenharia demonstrou que os autores produziram em média 3,93 publicações ao longo do período estudado. Elson Longo da Silva, pesquisador da UNESP na área de Química foi o autor mais produtivo, com 513 publicações. O *ranking* dos 20 autores principais demonstrou existir um predomínio de pesquisadores da área de Engenharia, atuando em universidades brasileiras.

A análise das palavras-chave recorrentes, atribuídas com mais frequência pelos pesquisadores demonstrou que a pesquisa nacional segue na direção de temas estratégicos para o país, como biotecnologia, biocombustíveis, nanotecnologia, mecatrônica, e materiais inovadores para a indústria e a saúde. O desenvolvimento destes temas de Engenharia pode provocar transformações ilimitadas na vida da sociedade. A baixa frequência de palavras-chave associadas ao tema “recursos hídricos” demonstraram um atraso nesta área e revelaram a necessidade de fortalecimento da pesquisa não só em Engenharia Sanitária, Engenharia Civil, Engenharia de Minas e Engenharia Naval e Oceânica, como também o estreitamento dos laços interdisciplinares entre as subáreas na busca de soluções para este tema.

A rede de coocorrências das palavras-chave produziu três *clusters* temáticos referentes à modelagem computacional e matemática, os materiais e a biotecnologia aplicada a matriz nacional de combustíveis e energias renováveis, os quais refletem os interesses de pesquisa das quatro subáreas mais produtivas. Além disso, também proporcionou um maior conhecimento acerca das dinâmicas temáticas e relações interdisciplinares entre as subáreas. Concluiu-se que a Engenharia de Materiais é uma subárea central com ocorrências em algum grau com as demais. Também revelou uma relação muito densa entre a Engenharia Elétrica e a Engenharia Multidisciplinar devido aos interesses temáticos relacionados à modelagem computacional e matemática. A Engenharia

Química e Engenharia Nuclear também são subáreas fortemente relacionadas dentro do grupo de Engenharias II. As características apontadas para as subáreas demonstrou algumas discrepâncias no que se refere à coesão dentro dos grupos de avaliação da CAPES, o que pode ser positivo quando se busca ampliar a interdisciplinaridade entre as subáreas, porém pode ser prejudicial quando se pensa no uso dos indicadores e nos pesos para a atribuição das notas dos PPGs, que impactam na área da Engenharia como um todo.

Por fim, conclui-se que os estudos bibliométricos à luz da *Web of Science*, de uma forma geral, se limitam à própria estrutura da base de dados, aos seus critérios de seleção de periódicos e outras fontes, sua cobertura geográfica (o Brasil e outros países periféricos ainda não possuem a mesma representatividade dos países centrais), abrangência temática e frequência das atualizações. Além disso, por ser uma base concebida para fins de recuperação da informação, existe a dificuldade de combinar os rótulos da WoS e adaptá-los às classificações locais para estudos de comunicação científica, ainda mais sobre uma área tão ampla, complexa e pouco explorada quanto à Engenharia. O processo de construção da estratégia de busca se mostrou ousado e desafiador ainda na fase da qualificação do projeto. Houve a preocupação de que a ausência de estudos semelhantes prejudicasse as análises. Mas a confiança nesta estratégia suplantou a maioria dos obstáculos. O pouco tempo infelizmente, prejudicou que a investigação se estendesse à colaboração e o impacto, devido à grande quantidade de registros, e de nomes de instituições que necessitavam de padronização, mas o esforço foi recompensado pelos resultados que fazem deste estudo uma fonte de informação atualizada sobre a comunicação científica em Engenharia no Brasil. Mesmo com limitações os estudos bibliométricos em nível nacional sobre áreas científicas são muito importantes não só para a própria área analisada, como também para a ciência da informação enquanto proposta metodológica no âmbito da gestão da informação e comunicação científica.

É desejável que outras bases de dados sejam exploradas para complementar ou confrontar os resultados apresentados. Espera-se que as características da produção científica nacional em Engenharia e das suas subáreas contribua para a expansão equilibrada do Sistema Nacional de Pós-Graduação em Engenharia, da ampliação das redes de cooperação entre as subáreas e com outras áreas da ciência, e principalmente da integração entre educação e setor industrial.

REFERÊNCIAS

- AGOPYAN, V.; OLIVEIRA, J. F. G. de. Mestrado profissional em Engenharia: uma oportunidade para incrementar a inovação colaborativa entre universidades e os setores de produção no Brasil. **R B P G**, v. 2, n. 4, p. 79-89, jul., 2005.
- ALISSON, Elton. Crise econômica ainda afeta a pesquisa em escala global. **Exame.com**, São Paulo, nov., 2014. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/crise-economica-ainda-afeta-a-pesquisa-em-escala-global>>. Acesso em: 14 fev. 2015.
- ALMEIDA, Elenara Chaves Edler; GUIMARÃES, Jorge Almeida. Brazil's growing production of scientific articles: how are we doing with review articles and other qualitative indicators? **Scientometrics**, Budapeste, v. 97, n. 2, p. 287-315, mar., 2014.
- ALMEIDA, Nival Nunes de; BORGES, Mário Neto. A pós-graduação em engenharia no Brasil: uma perspectiva histórica no âmbito das políticas públicas. **Ensaio: avaliação e políticas públicas em Educação**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 56, p. 323-339, jul./set., 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ensaio/v15n56/a02v1556.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2015.
- ALVAREZ, Gonzalo Rubén. **Produção científica, colaboração e impacto da Física de Altas Energias brasileira indexada na Web of Science (1983-2013)**. 2015. 176 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.
- ALVES, Ivone et. al. **Dicionário de terminologia arquivística**. Lisboa: Instituto da Biblioteca Nacional e do Livro, 1993.
- AMADEO, Marcello Santos; SCHBRING, Gert. A École Polytechnique de Paris: mitos, fontes e fatos. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA, 12., São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBHC, 2012. Disponível em: <http://www.13snhct.sbhct.org.br/resources/anais/10/1345056941_ARQUIVO_artigoEP-13snhct-MARCELLOAMADEO.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2015.
- ARANHA, José Augusto P. et al. Area of Engineering Sciences. In: CARVALHO, Antonio Carlos Campo de; CAMPOS, Diogenes de Almeida; BEVILACQUA, Luiz. **Science in Brazil**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2002. Disponível em: <<http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-17.pdf>>. Acesso em: 30 jan. 2015.
- BAZZO, Walter Antonio; PEREIRA, Luiz Teixeira do Vale. **Introdução à Engenharia: conceitos, ferramentas e comportamentos**. 4. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2013.
- BALBACHEVSKY, Elizabeth. A pós-graduação no Brasil: novos desafios para uma política bem sucedida. In: _____. **Os desafios da educação no Brasil**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2005. v. 1, p. 285-314.

BARBI, Fernando Carvalhaes; SILVA, Ana Lúcia Pinto da. O petróleo do pré-sal: os desafios e as possibilidades de uma nova política industrial no Brasil. **Pesquisa & Debate**, São Paulo, v. 19, n. 34, p. 255-271, 2008. Disponível em: <<http://revistas.pucsp.br/index.php/rpe/article/viewFile/7574/5513>>. Acesso em 17 nov. 2014.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Histórico e principais elementos estruturais de concreto armado**. Bauru, SP: UNESP, 2006. Disponível em: <http://www.deecc.ufc.br/Download/TB798_Estruturas%20de%20Concreto%20I/HIST.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2016.

BATTAGLIN, Paulo David. **Contribuições sobre a gênese da Engenharia Elétrica**. 2010. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)- Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2010.

BNDES – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **BNDES: um banco de história e do futuro**. São Paulo: Museu da Pessoa, 2012. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro/livro_BNDES_um_banco_de_historia_e_do_futuro.pdf>. Acesso em: 25 maio 2015.

BORGES, Mario Neto; ALMEIDA, Nival Nunes de. Perspectivas para Engenharia nacional: desafios e oportunidades. **Revista de Ensino de Engenharia**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 71-78, 2013.

BORNMANN, Lutz; WAGNER, Caroline; LEYDESDORFF, Loet . BRICS countries and scientific excellence: a bibliometric analysis of most frequently-cited papers. **Journal of the Association for Information Science and Technology**, New York, 2015. Disponível em: <<http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1404/1404.3721.pdf>>. Acesso em: 29 maio 2014.

BOTELHO, Antonio José Junqueira. Da utopia tecnológica aos desafios da política científica e tecnológica: o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (1947-1967). **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, São Paulo, v. 14, n. 39, p. 139-153, fev., 1999.

BOTTURA, Celso Pascoli. Memórias e reflexões de um professor brasileiro de controle de sistemas dinâmicos. **TEMA**, São Carlos, v. 14, n. 1, p. 23-42, 2013.

BRAUN, Tibor; GLÄNZEL, Wolfgang; GRUPP, Hariolf. The scientometric weight of 50 nations in 27 science areas, 1989–1993. Part I. All fields combined, mathematics, engineering, chemistry and physics. **Scientometrics**, Amsterdam, v. 33, n. 3, p. 263-293, 1995.

BUFREM, Leilah; PRATES, Yara. O saber científico registrado e as práticas de mensuração da informação. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 9-25, maio/ago., 2005. Disponível em: <<http://revista.ibict.br/ciinf/index.php/ciinf/article/view/682/587>>. Acesso em: 15 abr. 2015.

CAÑAS-GUERRERO, Ignacio et al. Analysis of research activity in the field Engineering, Civil through bibliometric methods. **Engineering Structures**, Amsterdam, v. 56, p. 2273-2286, 2013.

CAPES - COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. **Plano Nacional de Pós-Graduação: PNPg 2011-2020**. Brasília: CAPES, 2010. Disponível em: <<https://www.capes.gov.br/images/stories/download/Livros-PNPg-Volume-I-Mont.pdf>>. Acesso em: 14 dez. 2015.

_____. **Documento de área e comissão**. Brasília: CAPES, 2013. Disponível em: <<http://www.avaliacaotrienal2013.capes.gov.br/documento-de-area-e-comissao>>. Acesso em: 14 out. 2014.

_____. **Tabela de áreas do conhecimento**. Brasília: CAPES, 2014a. Disponível em: <http://www.capes.gov.br/images/stories/download/avaliacao/TabelaAreasConhecimento_072012.pdf>. Acesso em: 14 out. 2014.

_____. **Resultados da avaliação da Capes revelam que pós-graduação teve crescimento de 23% no triênio**. Brasília: CAPES, 2014b. Disponível em: <<http://www.capes.gov.br/36-noticias/6689-resultados-da-avaliacao-da-capes-revelam-que-pos-graduacao-teve-crescimento-de-23-no-trienio>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

CARDOSO, Eliezer de Moura. **Apostila educativa: aplicações da Energia Nuclear**. Rio de Janeiro: CNEN, 2003. Disponível em: <http://qf.ff.up.pt/radioquimica/Textos_apoio/Radio2.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2015.

CARLEAL, Aydano Barreto. Uma breve história da conquista espacial. **Parcerias Estratégicas**, n. 7, p. 21-30, out., 1999. Disponível em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/78/70>. Acesso em: 24 fev. 2016.

CASTELLS, Manuel. **A sociedade em rede**. 6. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2009. v. 1.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino. **Metodologia científica: para uso dos estudantes universitários**. São Paulo: McGraw-Hill, 1983.

CNPq - CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO. **Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil Lattes/CNPq**. 2014. Disponível em: <<http://lattes.cnpq.br/web/dgp/home>>. Acesso em: 30 maio 2014.

CONFEA - CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA. **Trajectoria e estado da arte da formação em engenharia, arquitetura e agronomia**. Brasília, DF: CONFEA: INEP, 2010a. v. II: Engenharia Civil, Engenharia Sanitária, Engenharia Cartográfica, Engenharia de Agrimensura, Engenharia Hídrica, Engenharia Geológica.

_____. **Trajectoria e estado da arte da formação em engenharia**. Brasília, DF: CONFEA: INEP, 2010b. v. III: Engenharias da Área da Eletricidade.

_____. **Trajectoria e estado da arte da formação em engenharia, arquitetura e agronomia**. Brasília, DF: CONFEA: INEP, 2010c. v. VII: Engenharia de Produção.

COSTA, Josiane Gonçalves da; VANZ, Samile Andrea de Souza. Indicadores da produção científica e co-autoria: análise do departamento de Ciências da Informação da UFRGS. **Encontros Bibli**, Florianópolis, v. 17, n. 33, p. 97-115, jan./abr. 2012.

_____. A produção intelectual em Ciência da Informação: análise de citações do DCI/UFRGS de 2000 a 2008. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p.79-93, jan./jun. 2010.

COSTA, Luciano Andreatta Carvalho da; NITZKE, Julio Alberto. **A educação em engenharia: fundamentos teóricos e possibilidades didático-pedagógicas**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2012.

DIAS, Eliotério Fachin et al. A situação da cadeia produtiva do etanol no Brasil em Mato Grosso do Sul a partir da crise mundial 2008. **Desenvolvimento Socioeconômico em Debate (RDSD)**, v. 1, n. 1, p. 112-129, 2015.

FAÉ, Cristhiano Stefani; RIBEIRO, José Luis Duarte. Um retrato da engenharia de produção no Brasil. **Revista Gestão Industrial**, v. 1, n. 3, p. 24-33, 2005. Disponível em: <<http://www.pg.utfpr.edu.br/ppgep/revista/revista2005/PDF3/RGIv01n03a03.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2015.

FINK, Daniel et al. S&T knowledge production from 2000 to 2009 in two periphery countries: Brazil and South Korea. **Scientometrics**, Budapest, v. 99, n. 1, p. 37-54, 2014.

FORJAZ, Maria Cecilia Spina. As origens da Embraer. **Tempo Social**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 281-298, jun., 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ts/v17n1/v17n1a11.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2015.

FAPESP - FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Análise da produção científica a partir de publicações em periódicos especializados. In: _____. **Indicadores de ciência e tecnologia e inovação** em São Paulo 2010. São Paulo: FAPESP, 2011. v. 1, cap. 4, p. 41-72. Disponível em: <<http://www.fapesp.br/indicadores/2010/volume1/cap4.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2014.

GEOCAPES. **Site institucional**. 2014. Disponível em: <<http://geocapes.capes.gov.br/geocapesds/#>>. Acesso em: 30 maio 2014.

GLÄNZEL, Wolfgang. **Bibliometrics as a research field: a course on theory and application of bibliometric indicators**. [s.l.]: Course Handouts, 2003. Disponível em: <http://www.cin.ufpe.br/~ajhol/futuro/references/01%23_Bibliometrics_Module_KUL_BIBLIOMETRICS%20AS%20A%20RESEARCH%20FIELD.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2014.

GLÄNZEL, Wolfgang et al. Proceedings literature as additional data source for bibliometric analysis. **Scientometrics**, Budapest, v. 68, n. 3, p. 457-473, 2006.

GLÄNZEL, Wolfgang; DEBACKERE, Koenraad; MEYER, Martin. 'Triad' or 'tetrad'? on global changes in a dynamic world. **Scientometrics**, Budapest, v. 74, n. 1, p. 71-88, 2008.

GLÄNZEL, Wolfgang; LETA, Jacqueline; THIJSS, Bart. Science in Brazil. Part 1: A macro-level comparative study. **Scientometrics**, v. 67, n. 1, p. 67-86, 2006.

GLÄNZEL, Wolfgang; SCHUBERT, András. A new classification scheme of science fields and subfields designed for bibliometric evaluation purposes. **Scientometrics**, Budapest, v. 56, n. 3, p. 357-367, 2003.

GOMES, Cristina Marques. **Comunicação científica: alicerces, transformações e tendências**. Covilhã: LabCom, 2013.

GONZÁLEZ-ALBO, Borja; BONRONS, María. Articles vs. proceedings papers: Do they differ in research relevance and impact? A case study in the Library and Information Science field. **Journal of Informetrics**, v. 5, p. 369-381, 2011.

GUIMARÃES, Jorge Almeida; OLIVEIRA, João Fernando Gomes de; PRATA, Alvaro Toubes. Engenharia e desenvolvimento no Brasil: desafios e perspectivas. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v. 25, p. 213-235, 2007. Disponível em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/307/301>. Acesso em: 12 maio 2015.

GUIMARÃES, Reinaldo. O futuro da pós-graduação: avaliando a avaliação. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, Brasília, v. 4, n. 8, p. 282-292, dez., 2007.

HOLTZAPPLE, Mark Thomas; REECE, W. Dan. **Introdução à engenharia**. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HOPPEN, Natascha Helena Franz. **A Neurociências no Brasil de 2006 a 2013, indexada na Web of Science : produção científica, colaboração e impacto**. 2014. 161 f. Dissertação (Mestrado)-Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014.

KIMURA, Herbert. Desafios da Editoração de Periódicos Científicos no Brasil. **Revista de Administração Contemporânea**, Curitiba, v. 19, n. 1, jan./feb., 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rac/v19n1/1982-7849-rac-1982-7849rac2015140135.pdf>>. Acesso em 11 jan. 2016.

LE COADIC, Yves-François. **A ciência da informação**. 2. ed. Brasília: Briquet de Lemos, 2004.

LEITE, P.; MUGNAINI, R.; LETA, J. A new indicator for international visibility: exploring Brazilian scientific community. **Scientometrics**, Amsterdam, v. 88, n. 1, p. 311-319, 2011.

LETA, Jacqueline. Indicadores de desempenho, ciência brasileira e a cobertura das bases informacionais. **Revista da USP**, São Paulo, n. 89, p. 62-67, 2011. Disponível em: <<http://rusp.scielo.br/pdf/rusp/n89/05.pdf>>. Acesso em: 6 ago. 2014.

_____. Brazilian growth in the mainstream science: the role of human resources and national journals. **Journal of Scientometric Research**, Bangalore, v. 1, n. 1, p. 44-52, sep./dec., 2012.

LETA, Jacqueline; THIJS, Bart; GLÄNZEL, Wolfgang. A macro-level study of science in Brazil: seven years later. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, 2013, vol. 18, no 36, p. 51-66.

LISÉE, C.; LARIVIÈRE, V.; ARCHAMBAULT, É. Conference proceedings as a source of scientific information: a bibliometric analysis. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 59, n. 11, p. 1776- 1784, 2008.

LOHMANN, Jack R. Global engineering excellence: the role of educational research and development. **Revista de Ensino de Engenharia**, Brasília, v. 27, n. 3, p. 33-44, edição especial 2008. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/revista/index.php/abenge/article/view/64/45>>. Acesso em 06 ago. 2014.

MACIAS-CHAPULA, C. A. O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 134-140, maio/ago., 1998.

MAIA, Maria de Fátima S. **Comunicação científica em ciências da saúde no Brasil: estrutura e dinâmica da produção e indícios de vitalidade**. 2014. 211 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=000919271&loc=2014&l=5216fa4d6b5e41ae>>. Acesso em: 11 ago. 2015.

MAIA, Maria de Fátima S.; CAREGNATO, Sônia. Estudos bibliométricos na comunicação científica: bibliotecas digitais como fator de revitalização. In: ENCONTRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO, 15., 2004, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ENDOCOM, 2004.

MALTRÁS BARBA, Bruno. **Los indicadores bibliométricos: fundamentos y aplicación al análisis de la ciencia**. Gijón: Trea, 2003.

MARTINS, Dalton Lopes; FERREIRA, Sueli Mara Soares Pinto. Proposta de metodologia de mapeamento e avaliação da produção científica da Universidade de São Paulo com foco na estrutura e dinâmica de suas redes de colaboração científica: em busca de novos modelos causais. **Liinc em Revista**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 181-195, maio, 2013. Disponível em: <<http://revista.ibict.br/liinc/index.php/liinc/article/viewFile/513/394>>. Acesso em: 11 fev. 2015.

MATOS, Pedro. Áreas de Engenharia promovem ações para incrementar a formação de profissionais no país. In: COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR - CAPES. **Notícias**. Brasília: CAPES, 2013. Disponível em: <<http://capes.gov.br/36-noticias/6572-areas-de-Engenharia-promovem-aco-es-para-incrementar-a-formacao-de-profissionais-no-pais/>>. Acesso em: 17 nov. 2014.

MEADOWS, Arthur Jack. **A Comunicação científica**. Brasília: Brique de Lemos, 1999.

MEHO, Lokman I.; SUGIMOTO, Cassidy R. Assessing the scholarly impact of information

studies: a tale of two citation databases—Scopus and Web of Science. **Journal of The American Society For Information Science and Technology**, v. 60, n. 12, p. 2499–2508, dez., 2009.

MENEGHINI, Rogério. Internacionalizando um Periódico Científico Brasileiro de Prestígio. **Journal of Brazilian Chemical Society**, Campinas, v. 25, n. 5, p. 797 [editorial], 2014. Disponível em: <http://jbcs.sbq.org.br/audiencia_pdf.asp?aid2=3944&nomeArquivo=v25n5a01.pdf>. Acesso em: 9 jan. 2016.

MENEZES, Sabrina Diehl. **A produção científica e o impacto da química brasileira: análise dos artigos indexados na Web of Science entre 2004 e 2013**. 2016. 185 f. Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

MESQUITA, Moacy de. **A história da legislação profissional da engenharia, arquitetura e agronomia no Brasil**. Rio de Janeiro : [s.n.], 1981.

MICHELS, Carolin; FU, Jun-Ying. Systematic analysis of coverage and usage of conference proceedings in Web of Science. **Scientometrics**, v. 100, n. 2, p. 307-327, 2014.

MOTA, Ronaldo; MARTINS, Rubens. As políticas do MEC para a educação superior e o ensino de Engenharia no Brasil. **Revista de Ensino de Engenharia**, Brasília, v. 27, n. 3, p. 61-68, edição especial, 2008. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/revista/index.php/abenge/article/view/67/48>>. Acesso em 06 ago. 2014.

MOURA, Camila Caetano de. **Produção e colaboração científica em Geociências no Rio Grande do Sul, no período de 2000 a 2012, indexada na Web of Science**. 2014. 118 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

MUELLER, Suzana Pinheiro Machado. A ciência, o sistema de comunicação científica e a literatura científica. In: CAMPELLO, Bernadete Santos; CENDÓN, Beatriz Valadares; REMER, Jeannette Marguente. **Fontes de informação para pesquisadores e profissionais**. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2000.

_____. Métricas para a ciência e tecnologia e o financiamento da pesquisa: algumas reflexões. **Encontros Bibli**, Florianópolis, p. 24-35, 2008. Disponível em: <<http://periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/view/15182924.2008v13nesp1p24/1593>>. Acesso em: 8 ago. 2014.

MUGNAINI, Rogério; JANNUZZI, Paulo de Martino; QUONIAM, Luc. Indicadores bibliométricos da produção científica brasileira: uma análise a partir da base Pascal. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 123-131, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ci/v33n2/a13v33n2.pdf>>. Acesso em: 8 ago. 2015.

MUGNAINI, Rogério; STREHL, Letícia. Recuperação e impacto da produção científica na era Google: uma análise comparativa entre o Google Acadêmico e a Web of Science. **Encontros Bibli**, Florianópolis, p. 92-105, 2008. Disponível em: <<http://periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/view/1518-2924.2008v13nesp1p92/1570>>. Acesso em: 8 ago. 2014.

NUNES, Brasilemar Ferreira. Sistema e atores da ciência e tecnologia no Brasil. In: FERNANDES, Ana Maria; SOBRAL, Fernanda A. da Fonseca. **Colapso da Ciência & Tecnologia no Brasil**. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, 1994. p. 41-69.

OLIVEIRA, Vanderlí Fava de et al. Um estudo sobre a expansão da formação em engenharia no Brasil. **Revista de Ensino de Engenharia**, Brasília, v. 32, n. 3, 2013. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/revista/index.php/abenge/article/viewFile/235/161>>. Acesso em: 20 maio. 2014.

OLIVEIRA, Vanderlí Fava de; ALMEIDA, Nival Nunes de. Engenharias. In: INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Trajetória e estado da arte da formação em Engenharia, Arquitetura e Agronomia**. Brasília, DF: INEP/CONFEA, 2010. v. 1. Disponível em: <<http://www.publicacoes.inep.gov.br/portal/download/713>>. Acesso em: 12 mar. 2015.

OLIVEIRA, Vanderlí Fava de; BARBOSA, Carolina dos Santos; CHRISPIM, Eduardo Mathiasi. Cursos de Engenharia de Produção no Brasil: crescimento e projeções. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 25., 2005, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABEPRO, 2005. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2005_Enegep1101_0328.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2016.

PACKER, Abel L. Os periódicos brasileiros e a comunicação da pesquisa nacional. **Revista USP**, n. 89, p. 26-61, 2011.

PETROIANU, Andy. Autoria de um trabalho científico. **Revista da Associação Médica Brasileira**, São Paulo, v. 48, n. 1, p. 60-5, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ramb/v48n1/a31v48n1.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2014.

PENEREIRO, Júlio César. A influência de Galileo Galilei no desenvolvimento da Engenharia Civil. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 29, n. 2, p. 44-56, 2010. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/revista/index.php/abenge/article/viewFile/90/70>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

PINHEIRO, Lena Vânia Ribeiro; LOUREIRO, José Mauro Matheus. Traçados e limites da Ciência da Informação. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 24, n. 1, 1995.

PRATA, Álvaro Toubes. Homenagem Caspar Erich Stemmer. In: SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA. **Site Institucional**. 2007. Disponível em: <<http://www.sbpnet.org.br/livro/58ra/homenagemcaspar.html>>. Acesso em: 17 nov. 2014.

PROGRAMA de Engenharia Biomédica: 40 anos de Engenharia dedicados à saúde. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2011. Disponível em: <http://www.coppe.ufrj.br/pdf_revista/folder_40anosbiomedica.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2015.

PROJETO Brasil 3 Tempos: cenários prospectivos. Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica. **Cadernos NAE**, n. 6, 2006. Disponível em: <<http://www.sae.gov.br/documentos/publicacoes/projeto-brasil-3-tempos/wp-content/uploads/01brasil3t.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2015.

QUEIROZ, Daniela Gralha de Caneda. **A produção científica, a colaboração e o impacto da matemática brasileira na Web of Science (2004-2013)**. 2016. 185 f. Dissertação (Mestrado)-Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

QUADRADO, José Carlos. Organizações de Engenharia no mundo. **Revista de Ensino de Engenharia**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 19-24, 2013. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/revista/index.php/abenge/article/view/233/159>>. Acesso em 03 mar. 2015.

REIS, Fábio Augusto Gomes Vieira et al. Contextualização dos cursos superiores de meio ambiente no Brasil: engenharia ambiental, engenharia sanitária, ecologia, tecnólogos e sequenciais. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 2, n. 1, p. 5-34, jan./dez., 2005.

ROCHA, Ana Júlia Ferreira et al. Engenharia, origens e evolução. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 35., 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UnicemP, 2007. p. 1-11.

ROCHA NETO, Ivan. Prospectiva da Pós-Graduação no Brasil (2008 - 2022). **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v. 7, n. 12, 2011. Disponível em: <<http://ojs.rbpg.capes.gov.br/index.php/rbpg/article/viewFile/181/175>>. Acesso em: 11 out. 2015.

ROUSSEAU, Ronald. Indicadores bibliométricos e econométricos para a avaliação de instituições científicas. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 149-158, maio./ago., 1998.

SANTIN, Dirce Maria. **Internacionalização da produção científica em Ciências Biológicas da UFRGS: 2000-2011**. 2013. 147f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=000914403&loc=2014&l=2fa30a773d34e5e0>>. Acesso em: 12 jan. 2015.

SANCHO, R. Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología: revisión bibliográfica. *Revista Española de Documentación Científica*, Madrid, v. 13, n. 3/4, p. 842-865, 1990.

SANTOS, Rafael Antunes dos. **Análise de coocorrência de palavras na pesquisa brasileira em HIV/AIDS indexada na web of science no período 1993-2013**. 2013. 167 f. Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

SCHWARTZMAN, Simon. **Um espaço para a ciência**: a formação da comunidade científica no Brasil. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2001.

SENGUPTA, I. N. Bibliometrics, informetrics, scientometrics and librametrics: an overview. **Libri**, Munich, v. 42, n. 2, p. 75-98, 1992.

SHIRAKAWA, Nobuyuki et al. Global competition and technological transition in Electrical, Electronic, Information and Communication Engineering: quantitative analysis of periodicals and conference proceedings of the IEEE. **Scientometrics**, v. 91, p. 895-910, 2012.

SOARES, Patrícia Bourguignon. **Indicadores de ciência, tecnologia & inovação**: análise da produção científica e tecnológica da área de conhecimento em Engenharia Civil na base de dados da Web of Science. 2014. 138f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

SOLLA PRICE, Derek J. de. **O desenvolvimento da ciência**: análise histórica, filosófica, sociológica e econômica. Rio de Janeiro: LTC, 1976.

STEINER, João E. Conhecimento: gargalos para um Brasil no futuro. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 20, n. 56, p. 75-90, jan./abr., 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v20n56/28628.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2015.

STUMPF, Ida Regina Chitto. **A comunicação da ciência na Universidade**: o caso da UFRGS. In: MUELLER, Suzana Pinheiro Machado; PASSOS, Edilenice Jovelina Lima Passos (Org.). **Comunicação Científica**. Brasília: DCI/UNB, 2000.

TARGINO, Maria das Graças. Comunicação científica: uma revisão de seus elementos básicos. **Informação & Sociedade**, João Pessoa, v. 10, n. 2, p. 1-27, 2000. Disponível em: <<http://www.ies.ufpb.br/ojs2/index.php/ies/article/view/326/248>>. Acesso em: 9 jan. 2015.

TELLES, Pedro Carlos da Silva. **História da Engenharia no Brasil**: século XX. Rio de Janeiro: Clavero Editoração, 1993.

THOMSON REUTERS. **Whitepaper conference proceedings and their impact on global research**: enhancing proceedings coverage with cited reference searching. Philadelphia: Thomson Reuters, 2008. Disponível em: <<http://thomsonreuters.com/content/dam/openweb/documents/pdf/scholarly-scientific-research/white-paper/cpci-whitepaper.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

TONINI, Adriana Maria. Contexto histórico, econômico e político da Engenharia no Brasil: do século XVIII ao século XXI. **Revista de Ensino de Engenharia**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 65-73, 2013. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/revista/index.php/abenge/article>>

/view/161>. Acesso em: 3 mar. 2015.

VANZ, Samile Andréa de Souza; CAREGNATO, Sônia Elisa. Estudos de citação: uma ferramenta para entender a comunicação científica. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, 2003. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/index.php/EmQuestao/article/view/75/35>>. Acesso em: 16 ago. 2015.

VANZ, S. A. S.; STUMPF, I. R. C. Procedimentos e ferramentas aplicados aos estudos bibliométricos. **Informação & Sociedade**, João Pessoa, v. 20, n. 2, p. 67-75, maio/ago., 2010. Disponível em: <<http://www.ies.ufpb.br/ojs2/index.php/ies/article/view/4817/4358>>. Acesso em: 6 ago. 2014.

VANZ, Samile Andréa de Souza. **As redes de colaboração científica no Brasil: (2004-2006)**. 2009. 204f. Tese (Doutorado em Comunicação e Informação) - Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

VARGAS, Rosely de Andrade. **A produção científica brasileira em Ciências Agrárias indexada na Web of Science: características e redes de colaboração (2000-2011)**. 2014. 131f. Dissertação (Mestrado em Comunicação e Informação) - Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

VELHO, L. M. S. Avaliação do desempenho científico. **Cadernos USP**, São Paulo, n. 1, p. 22-40, out., 1986.

_____. A ciência e seu público. **Transinformação**, Campinas, v. 9, n. 3, p. 15-32, set./dez., 1997.

VIEIRA, Eduardo. **Os bastidores da internet no Brasil**. Barueri: Manole Ltda, 2003.

WEB OF SCIENCE. **Scope Notes 2012: Science Citation Index and Science Citation Index Expanded**. Nova Iorque: Thomson Reuters, 2012. Disponível em: http://ip-science.thomsonreuters.com/mjl/scope/scope_scie/. Acesso em 11 dez. 2015

_____. **Principal Coleção do Web of Science Ajuda**. Nova Iorque: Thomson Reuters, 2015. Disponível em: <http://images.webofknowledge.com/WOKRS518B4/help/pt_BR/WOS/hp_database.html#dsy370-TRS_cpcis>. Acesso em: 6 set. 2015.

WOUTERS, Paul et al. **Bibliometrics and the use of citation indicators in research assessment: a review**. Leiden: [s.n.], 2014.