



ECONOMIA CIRCULAR E ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: PRODUÇÃO CIENTÍFICA E REDES DE COLABORAÇÃO

CIRCULAR ECONOMY AND PRODUCTION ENGINEERING: SCIENTIFIC PRODUCTION AND COLLABORATION NETWORKS

Míriam Machado Fabris*, Francisco Santos Sabbadini*, Kelly Alonso Costa* e Roberta Assis Costa*.

Palavras-chave
Economia Circular.
Engenharia de Produção.
Redes de Colaboração.

Resumo: A forma tradicional linear de produção, baseada em extrair, transformar e descartar está atingindo seus limites. A economia circular é apresentada como um modelo econômico para promover a transformação dos modos e práticas produtivas, com reaproveitamento de recursos e descarte nulo. Tendo em vista o desafio de migrar para um modelo sustentável e ao mesmo tempo economicamente viável, se faz necessário entender o que é a economia circular e de que forma a engenharia de produção pode contribuir para sua implementação. Neste sentido o presente trabalho apresenta os resultados de uma pesquisa bibliométrica destacando o já foi publicado e os temas que têm sido abordados relacionados às áreas de abrangência da engenharia de produção e a economia circular. Os resultados obtidos permitiram verificar a evolução crescente na temática relacionada à economia circular no decorrer dos anos últimos anos. Além de um número considerável de publicações na interseção da engenharia de produção e a economia circular, o que possibilitou a identificação de oportunidades de pesquisa. Do mesmo modo foi possível identificar redes de pesquisa.

Keywords
Circular Economy.
Production Engineering.
Collaboration Networks

Abstract: The traditional linear form of production, based on extracting, transforming and disposing is reaching its limits. The circular economy is presented as an economic model to promote the transformation of productive modes and practices, with the reuse of resources and null disposal. In view of the challenge of migrating to a sustainable and economically viable model, it is necessary to understand what the circular economy is and how production engineering can contribute to its implementation. In this sense, the present work presents the results of a bibliometric research highlighting what has already been published and the themes that have been addressed related to the areas covered by production engineering and the circular economy. The obtained results allowed to verify the growing evolution in the theme related to the circular economy during the last years. In addition to a considerable number of publications at the intersection of production engineering and the circular economy, which enabled the identification of research opportunities. In the same way it was possible to identify research networks.

Palabras clave
Economía circular.
Ingeniería de producción.
Redes de colaboración.

Resumen: La tradicional forma lineal de producción, basada en extraer, transformar y disponer, está llegando a sus límites. La economía circular se presenta como un modelo económico para promover la transformación de modos y prácticas productivas, con la reutilización de recursos y nula disposición. Ante el desafío de migrar a un modelo sostenible y económicamente viable, es necesario entender qué es la economía circular y cómo la ingeniería de producción puede

* Universidade Federal de Fluminense, Rio de Janeiro, Brasil.



Esta obra está licenciada sob uma Licença Creative Commons Attribution 4.0

contribuir a su implementación. En este sentido, el presente trabajo presenta los resultados de una investigación bibliométrica destacando lo ya publicado y los temas que se han abordado relacionados con las áreas cubiertas por la ingeniería de producción y la economía circular. Los resultados obtenidos permitieron comprobar la evolución creciente en el tema relacionado con la economía circular durante los últimos años. Además de un número considerable de publicaciones en la intersección de la ingeniería de producción y la economía circular, lo que permitió identificar oportunidades de investigación. De la misma forma fue posible identificar redes de investigación.

1. Introdução

A intensificação no uso de recursos finitos é um tema que tem de forma recorrente sido foco das preocupações da comunidade internacional, em face dos impactos ao meio ambiente e o risco de esgotamento dos fatores de produção gerados no modo de produção atual, linear, baseado em extrair, transformar e descartar. Esse é um modelo que está atingindo seu limite e impactando a economia de forma global, assim como a sustentabilidade do planeta. Propostas para viabilizar o uso racional dos mesmos têm aumentado e seguido na direção da transição para uma economia circular (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017).

A economia circular é um conceito que sugere uma nova abordagem de produção, que une o desenvolvimento econômico com a proteção ambiental. Este modelo se contrapõe à economia linear e propõe a criação de um sistema circular sem refugo, com reaproveitamento dos recursos que seriam descartados e integrando-os no mesmo ciclo ou em um novo ciclo produtivo (ABEPRO, 2016).

O uso dos recursos finitos de forma econômica e racional, de forma a reduzir ou eliminar os desperdícios é a essência do modelo circular. Isto requer repensar conceitos enraizados na cultura e nas práticas da sociedade como: o crescimento econômico, consumo e produção, objetivando reduzir os impactos ambientais negativos (LATOUCHE, 2012) e melhorando as práticas sustentáveis, o que implica em que organizações adotem novas práticas de produtivas, levando em consideração os aspectos sociais e ambientais (ABEPRO, 2016).

Neste sentido a engenharia da produção, no seu enfoque da produção sustentável, está orientada para o uso racional dos recursos e na busca da otimização das operações. Mudar as práticas de produção significa analisar todas as etapas que compõe o processo produtivo, desde a extração de recursos até seu descarte final, levando em consideração a gestão do ciclo de vida de cada produto (SWAR et. al., 2011), propondo uma nova visão direcionada à produção e consumo sustentável.

A estruturação e implementação de um sistema de produção circular estão diretamente ligadas à engenharia de produção, dada a abrangências das áreas pertinentes a este campo do conhecimento, tais como cadeia de suprimentos e logística reversa, sugerindo um ciclo fechado de produção, elaboração de projetos, desenvolvimento de produto, entre outras (ABEPRO, 2016). Um exemplo desta relação pode ser visto em WEETMAN (2019), que propõe que as cadeias de suprimentos sejam estrategicamente planejadas para uma economia circular, envolvendo desde o projeto dos produtos, passando pelo redesenho do modelo de negócio, no que se denomina então de cadeia de design e suprimentos.

2. Problema e objetivo

2.1. Problema

Neste contexto o presente artigo apresenta os resultados iniciais do estudo buscando identificar e entender como está evoluindo a pesquisa e a produção científica na interseção entre dois campos do conhecimento: economia circular e as áreas da engenharia de produção.

2.2. Objetivo

No intuito de encontrar respostas para a questão problema motivadora, foram estabelecidos os seguintes objetivos, a saber: 1) Identificar as principais áreas da engenharia de produção e os atores de pesquisa relacionados com a economia circular; 2) Mapear as interações entre os agentes na produção de conhecimento neste campo.

3. Materiais e métodos

Para desenvolvimento desta pesquisa foram utilizadas combinações entre 35 palavras-chave relativas à engenharia de produção, tomando por base os principais campos conceituais da área segundo a ABEPRO (2015), mostradas na figura 1. No mesmo sentido foram utilizadas combinações destas palavras com os principais tópicos da economia circular. O período considerado para pesquisa foi desde agosto de 2019 até o dia 10 de janeiro de 2020.

A *Scopus* foi utilizada, para identificar a evolução das publicações envolvendo economia circular no período de 2015 a 2019. A busca seguiu o seguinte critério:

- Pesquisar pela palavra-chave “*circular economy*” de modo a identificar a evolução das publicações, os países e as áreas com maior número de ocorrências;
- Realizar uma busca relacionando as palavras chave “*circular economy*”, “*industrial engineering*” e “*production engineering*”;
- Realizar uma busca associando a palavra-chave “*circular economy*” com os principais tópicos relacionados às grandes áreas da engenharia de produção, as quais estão destacadas na figura 1, com base na estrutura da ABEPRO;

Figura 1 – Palavras-chave

Production Engineering	Project management
Industrial Engineering	innovation
Production and Operations Systems Management	Technology
Production Planning and Control	cost
Maintenance management	Risk management
Layout	Ergonomics
Discrete and Continuous Productive Processes	Workplacesafety
Engineering Methods	Environmental management
Supply Chain	Environmental Management Systems
Inventory Management	Natural Resource Management
Logistics	Energy Resource Management
Operational Research	Effluent Management
Optimization	Industrial Waste Management
Simulation	Cleaner Production
Decision-making processes	Eco-efficiency
quality	Social responsibility
Product Development	Sustainable development
product design	

Fonte: Autores (2020)

- Realizar uma busca associando o tópico com o maior número de publicações com “*circular economy*” e “*industrial engineering*”/“*production engineering*”;
- Montar um quadro relacionando as palavras-chave relacionadas às grandes áreas da engenharia de produção;
- Identificar os artigos mais citados dentro das 5 áreas com mais publicações;
- Elaborar uma tabela informativa sobre os periódicos onde os artigos mais citados foram publicados, incluindo seu respectivo fator de impacto e a avaliação qualis nas áreas de Engenharias III e Administração;
- Elaborar uma tabela informativa sobre os autores, incluindo informações sobre suas instituições e país.

Os resultados da pesquisa possibilitaram as seguintes avaliações:

- A evolução em termos da quantidade de publicações referentes à economia circular no período em análise, 2015 a 2019;
- A distribuição das publicações por países, permitindo elaborar um *ranking*;
- Os percentuais de publicações relacionadas à economia circular por área de estudo;
- As publicações relacionadas a cada tópico de engenharia de produção associadas om economia circular. As avaliações mencionadas serão apresentadas e discutidas na próxima seção.

4. Fundamentação teórica

4.1. Economia circular

O conceito de economia circular foi desenvolvido a partir de uma perspectiva multidisciplinar, com diferentes abordagens envolvendo áreas como engenharia, economia,

ecologia, design e negócios (PRIETO-SANDOVAL, JACA, & ORMAZABAL, 2018), que considera o conceito da criação de valor por meio do uso racional dos recursos e minimização dos impactos ambientais causados pelos produtos em todas as fases do seu ciclo de vida, sugerindo a reutilização dos mesmos (SEROKA-STOLKA & OCIEPA-KUBICKA, 2019).

Neste sentido representa uma mudança de paradigma na maneira em que o homem se relaciona com a natureza e visa prevenir o esgotamento de recursos, fechar ciclos de energia e materiais e facilitar o desenvolvimento sustentável (Prieto-sandoval et al., 2018). A proposta é de um fluxo circular de recursos e o fechamento do ciclo que ocorre entre o pós-uso e a produção (MORAGA et al., 2019).

Uma estratégia que pode ser utilizada é a criação de fluxos de retorno, onde um produto que seria descartado é utilizado para alimentar outros ciclos, aumentando a vida útil dos mesmos e reduzindo os desperdícios de recursos escassos (SVENSSON & FUNCK, 2019).

A proposta da economia circular é de um fluxo circular de recursos e o fechamento do ciclo ocorre entre o pós-uso e a produção. A economia circular abrange diferentes abordagens, e por este motivo devem ser estabelecidos diferentes limites e indicadores para sua definição, incluindo os diferentes significados, sem excluir potenciais significados (MORAGA et al., 2019).

Avaliar os impactos da sustentabilidade de uma iniciativa política requer avaliar os impactos em três domínios: ambiental, econômico e social. A avaliação do índice potencial da economia circular está relacionada à compreensão de quanto a atividade econômica da produção e do consumo está inserida dentro de um território do próprio país e no exterior (GEERKEN et al., 2019).

Apesar dos benefícios apresentados na literatura, a transição do modelo linear para a economia circular está em um estágio embrionário, visto que as empresas que começaram a mudar suas rotinas ainda são minoria e a maior parte ainda mantém uma abordagem linear (GUSMEROTTI, et al., 2019).

Berardi e Dias (2018) destacam que iniciativas para minimizar os impactos, por meio da introdução de critérios socioambientais, têm surgido em face da insuficiência do modo linear de produção na mitigação das externalidades negativas, que se configuram como impactos danosos ao meio ambiente.

No mesmo sentido essa nova abordagem vem ao encontro dos três princípios fundamentais da economia circular que são preservar e aumentar o capital natural, com o controle dos estoques finitos e do equilíbrio no uso de recursos renováveis; otimizar o uso dos recursos de produção com ênfase na circulação de produtos e materiais com o máximo de utilização e fomentar a eficácia do sistema pela identificação e eliminação das externalidades negativas dos processos.

Os sistemas industriais e de manufatura têm um enorme impacto no consumo de energia, na extração de recursos e na produção de resíduos e lixo, que são jogados no meio ambiente e, portanto, resultando em dano para a sociedade. Por essas razões, a produção sustentável é uma das questões fundamental e estratégica que deve ser considerada no sentido de promover o desenvolvimento econômico e social de forma sustentável (FRANCIOSI, LAMBIASE, & MIRANDA, 2017).

Um aspecto que aproxima a temática da economia circular ao corpo de conhecimento da Engenharia de Produção é a dimensão estratégia para o desenvolvimento e modelos de negócio sustentáveis e lucrativos, com seu escopo definido na cadeia de suprimentos (WEETMAN, 2019).

4.2. Engenharia de produção

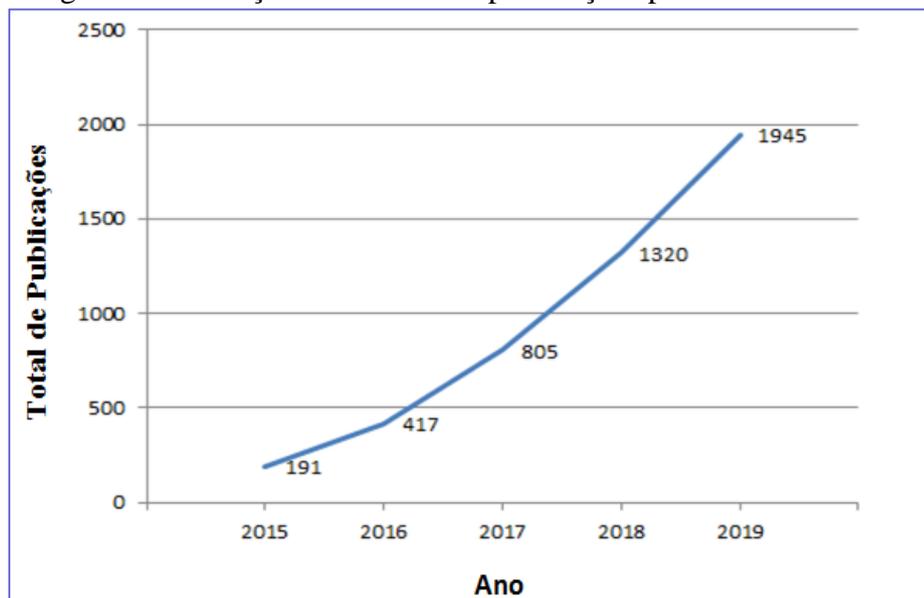
A engenharia de produção é considerada uma grande área da engenharia composta por diferentes subáreas que estão direta ou indiretamente ligadas entre si e destinam-se à integração de bens e serviços, englobando diferentes processos, que vão desde a modelagem de sistemas e processos até a manutenção dos recursos, melhorando sempre que possível o ambiente em questão (ABEPRO, 2015). A demanda em relação ao corpo de conhecimento e soluções da engenharia de produção vem das empresas industriais e de serviços, com o intuito de atender à necessidade de criar produtos e serviços unindo confiabilidade, inovação, bons preços e processos de fabricação sustentáveis (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

A engenharia de produção é composta por 10 áreas, que são: engenharia de operações e processos da produção, logística, pesquisa operacional, engenharia da qualidade, engenharia do produto, engenharia organizacional, engenharia econômica, engenharia do trabalho, engenharia da sustentabilidade, educação em engenharia de produção (ABEPRO, 2015). Assim, dada a diversidade dos campos de conhecimento que abrange e ferramentas de que dispõe traz oportunidades de novas soluções para a produção, de modo a melhorar a eficiência e reduzir o custo total por meio de novas tecnologias emergentes. Sensores e redes para o monitoramento de processos e o controle em tempo real surgiram para apoiar os esforços de fabricação sustentáveis (LAJEVARDIET al., 2014).

5. Resultados e discussão

A busca para a palavra-chave “*circular economy*”, resultou na identificação de 4678 publicações no período de 2015 e 2019. A figura 2 mostra a distribuição por ano ao longo do período pesquisado.

Figura 2 – Evolução no número de publicações por ano



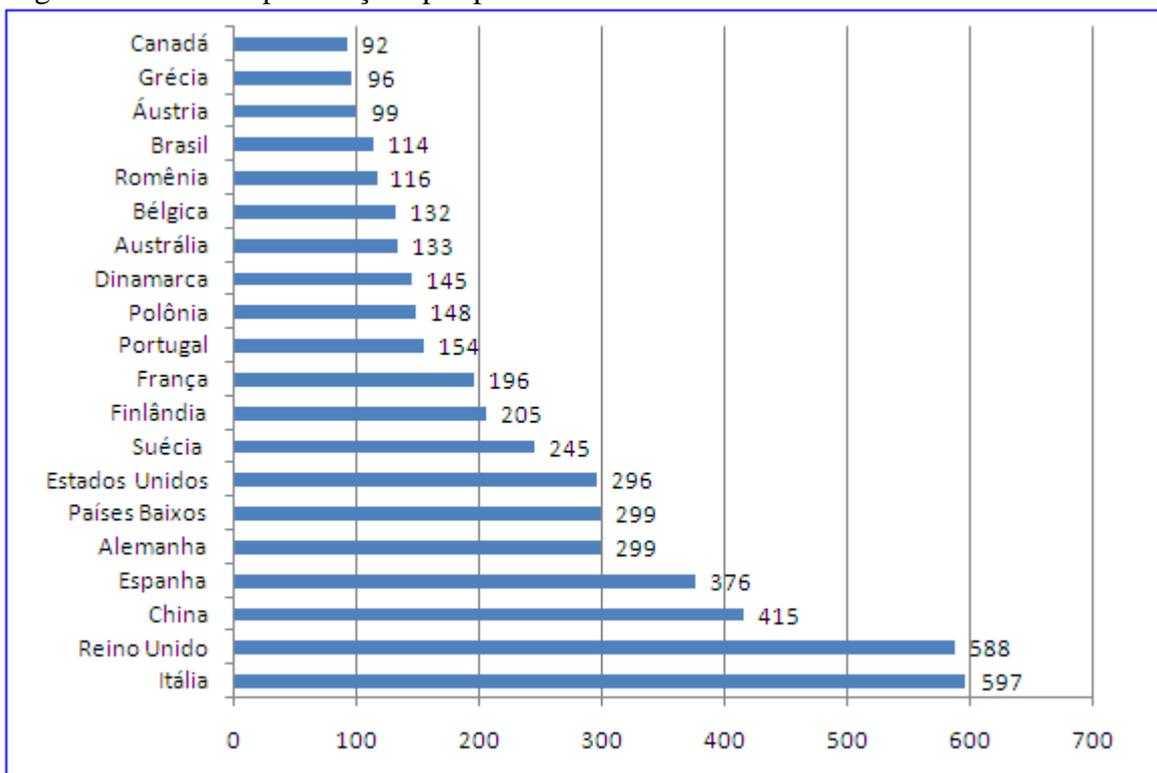
Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores)

Analisando os dados da figura 2 é possível perceber que em termos absolutos o período de maior crescimento no número de publicações foi entre os anos de 2018 e 2019, contabilizando uma diferença de 625 publicações. O menor crescimento foi identificado entre os anos de

2015 e 2016, com uma diferença de 226 publicações. Embora em termos absolutos o aumento foi crescente, nota-se que a taxa percentual é decrescente: 2015-2016: 218,32%; 2016-2017: 193,05%; 2017-2018: 163,98%; e 2018-2019: 147,35%. De modo geral, o número de publicações no período cresceu em 1018,32%, no período de análise, o que sugere uma área emergente de pesquisa em desenvolvimento e consolidação.

Quando avaliada a estratificação por países se pode constatar a predominância europeia, em termos percentuais, no total da amostra, liderado por Itália e Reino Unido, conforme pode-se ver na figura 3.

Figura 3 – Total de publicações por países



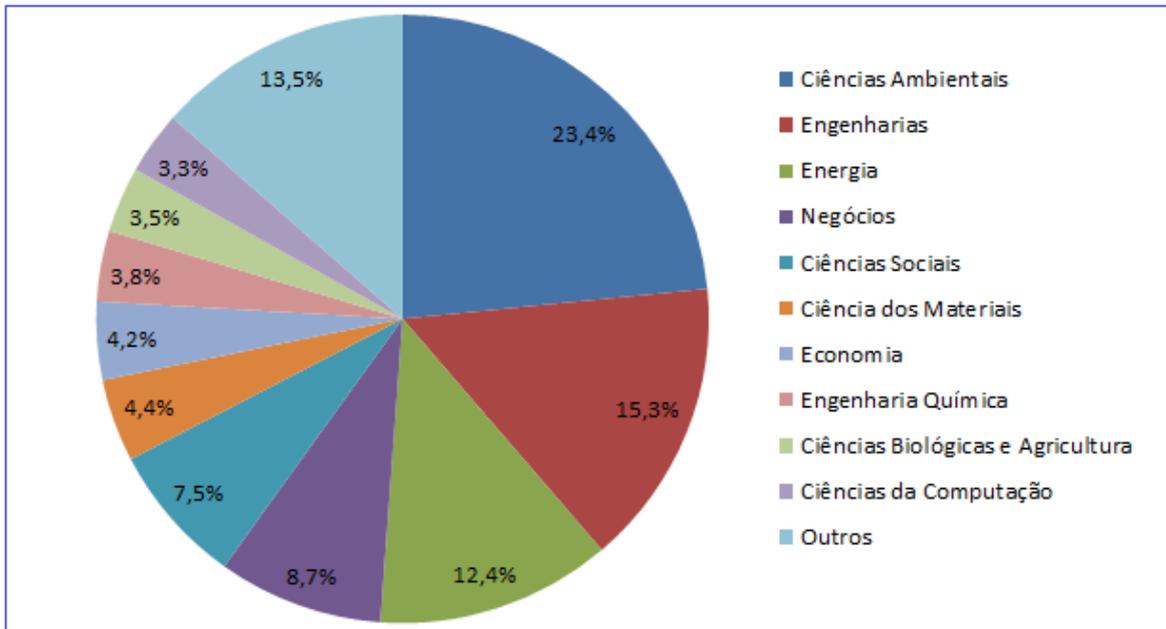
Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores)

A figura 3 representa uma amostra dos resultados da busca, identificando os 20 países com mais publicações no período de 2015 a 2019. Segundo a base *Scopus*, na análise de publicações por países identificou-se que a maioria das publicações estão concentradas na Europa e a minoria no continente africano.

Das publicações encontradas no continente asiático, a China teve destaque, pois sozinha representa mais da metade dos documentos publicados na Ásia. Dentre as publicações dos países da América Latina o Brasil teve destaque com 53,77% das publicações e na classificação geral dos países assumiu a 17ª posição, com um total de 114 documentos publicados.

Analisando os percentuais de publicações por área de estudo e foram identificadas 10 áreas (figura 4) com mais publicações, que são: ciências do meio ambiente, engenharia, energia, negócios, ciências sociais, economia, ciências dos materiais, engenharia química, ciências da computação e ciências biológicas e agricultura.

Figura 4 – Total de publicações por área



Fonte: Base Scopus (adaptado pelos autores)

Com base nos resultados encontrados foi possível notar que o tema economia circular relaciona-se com diferentes áreas de estudo, englobando áreas relacionadas ao meio ambiente e computação. Das publicações encontradas relacionadas às engenharias, aproximadamente 1,5% estão relacionadas à engenharia de produção, o que sugere que há possibilidades temáticas a serem exploradas na relação entre a economia circular e as áreas da engenharia de produção, como será visto a seguir. Para orientar o processo de busca e facilitar o entendimento, o quadro 1 consolida a relação entre as palavras-chave utilizadas e sua relação com a Engenharia de Produção ou a alguma de suas áreas.

Quadro 1 – Relação das palavras-chave com as áreas da engenharia de produção

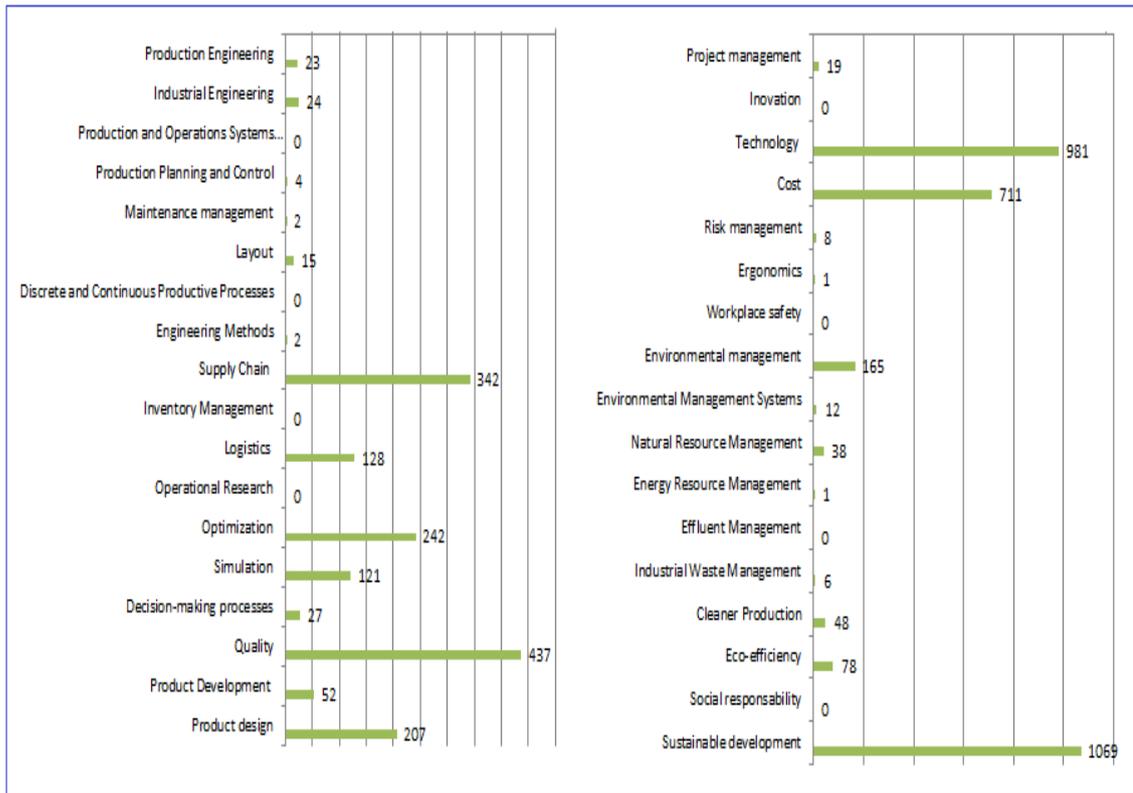
Palavras-chave	Áreas da engenharia de produção
<i>Production and Operations Systems Management</i>	Engenharia de operações e processos da Produção
<i>Production Planning and Control</i>	Engenharia de operações e processos da Produção
<i>Maintenance management</i>	Engenharia de operações e processos da Produção
<i>Layout</i>	Engenharia de operações e processos da Produção
<i>Discrete and Continuous Productive Processes</i>	Engenharia de operações e processos da Produção
<i>Engineering Methods</i>	Engenharia de operações e processos da Produção
<i>Supply Chain</i>	Logística
<i>Inventory Management</i>	Logística
<i>Logistics</i>	Logística
<i>Operational Research</i>	Pesquisa Operacional
<i>Optimization</i>	Pesquisa Operacional
<i>Simulation</i>	Pesquisa Operacional
<i>Decision-making processes</i>	Pesquisa Operacional
<i>Quality</i>	Engenharia da Qualidade
<i>Product Development</i>	Engenharia do Produto
<i>Product design</i>	Engenharia do Produto

<i>Project management</i>	Engenharia Organizacional
<i>Inovation</i>	Engenharia Organizacional
<i>Technology</i>	Engenharia Organizacional
<i>Cost</i>	Engenharia Econômica
<i>Risk management</i>	Engenharia Econômica
<i>Ergonomics</i>	Engenharia do Trabalho
<i>Workplace safety</i>	Engenharia do Trabalho
<i>Environmental management</i>	Engenharia da Sustentabilidade
<i>Environmental Management Systems</i>	Engenharia da Sustentabilidade
<i>Natural Resource Management</i>	Engenharia da Sustentabilidade
<i>Energy Resource Management</i>	Engenharia da Sustentabilidade
<i>Effluent Management</i>	Engenharia da Sustentabilidade
<i>Industrial Waste Management</i>	Engenharia da Sustentabilidade
<i>Cleaner Production</i>	Engenharia da Sustentabilidade
<i>Eco-efficiency</i>	Engenharia da Sustentabilidade
<i>Social responsibility</i>	Engenharia da Sustentabilidade
<i>Sustainable development</i>	Engenharia da Sustentabilidade

Fonte: ABEPRO (2019) - adaptado pelos autores

Os resultados da pesquisa permitiram identificar as publicações relacionadas simultaneamente à economia circular e alguma das áreas da engenharia de produção, conforme pode ser observar na figura 5.

Figura 5 – Total de publicações por temas associados

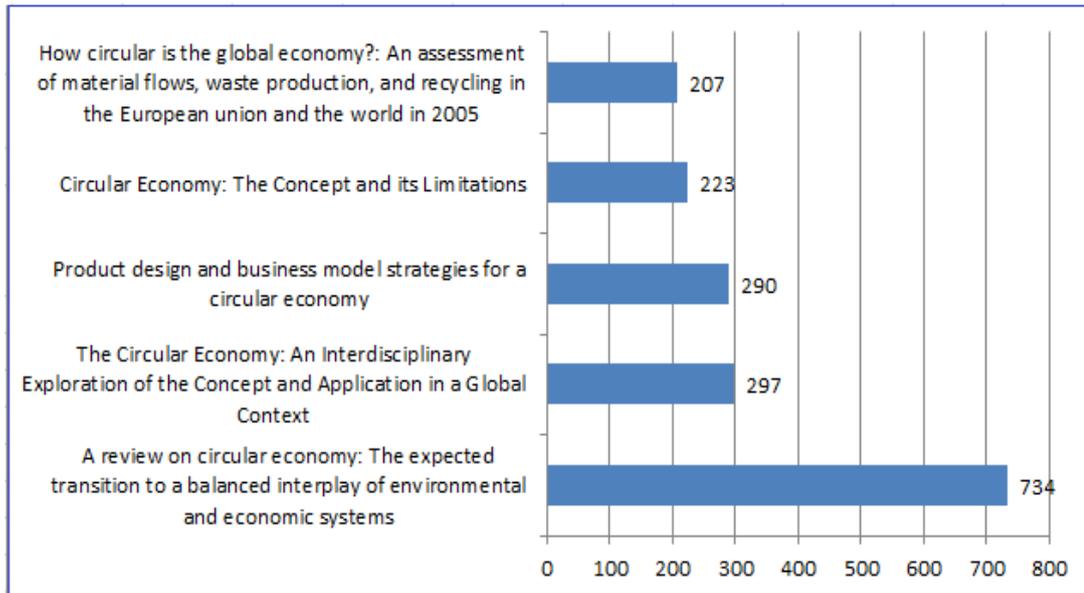


Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores)

A busca resultou num total de 4763 publicações. Nota-se que dentre a busca a que mais teve publicações encontradas foi a combinação de desenvolvimento sustentável e economia circular (“*circular economy*” AND “*sustainable development*”) e a área engenharia de sustentabilidade foi a que teve maior representação dentro dos resultados encontrados, com 29,75% (1417 publicações). Das 35 combinações selecionadas, oito áreas de conhecimento não obtiveram nenhum resultado de publicações, como pode-se observar na figura 5.

Os resultados evidenciam 5 áreas que se destacam, a saber: desenvolvimento sustentável (*sustainable development*), tecnologia (*technology*), custos (*cost*), qualidade (*quality*) e cadeia de suprimentos (*supply chain*). A partir desta constatação foram identificados dentro de cada uma dessas áreas de conhecimento, os 5 artigos com o maior número de citações, os quais são mostradas nas figuras de 6, 7, 8, 9 e 10.

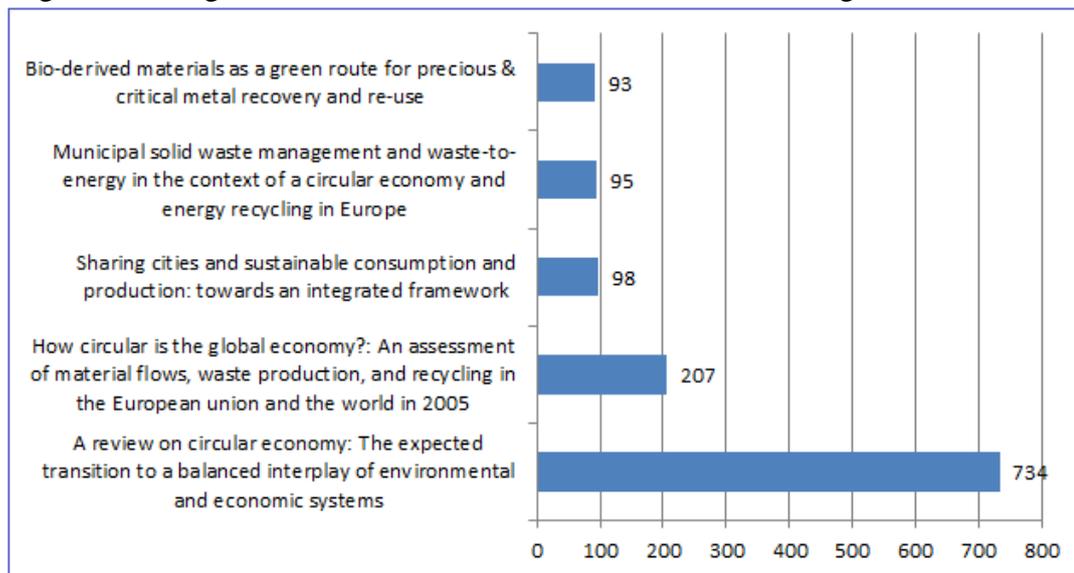
Figura 6 – Artigos mais citados em economia circular e desenvolvimento sustentável



Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores)

A partir da busca combinada de “*circular economy*” e “*sustainable development*”, os 5 artigos com o maior número de citações foram identificados e são mostrados na figura 6. O artigo mais citado obteve um total de 734 citações. Foi possível averiguar que além da temática relacionada a desenvolvimento sustentável há relacionamento também com negócios e sistemas econômicos.

Figura 7 – Artigos mais citados em economia circular e Tecnologia

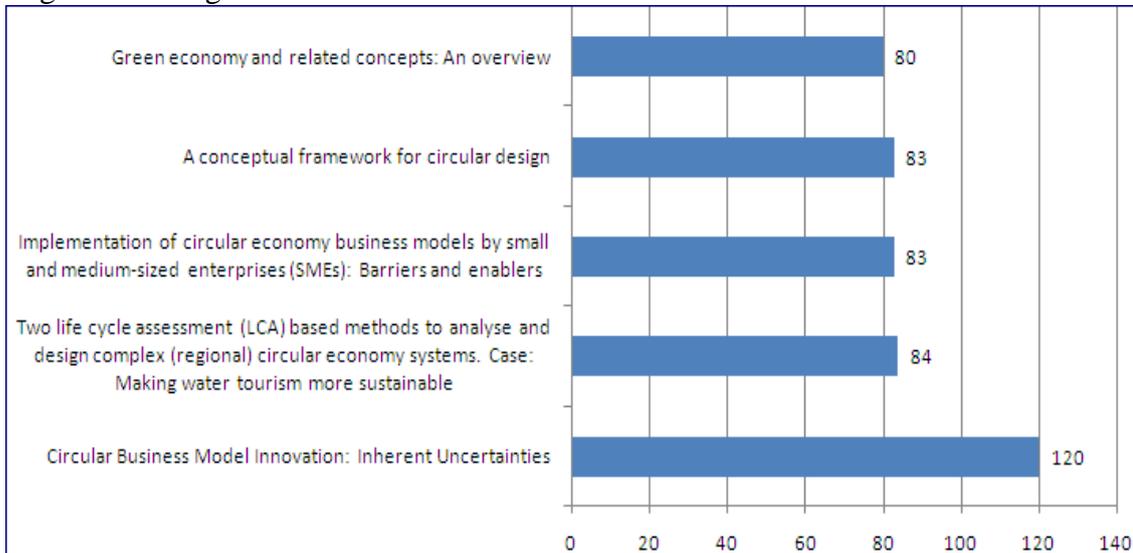


Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores)

Combinando os termos “*circular economy*” e “*technology*”, os 5 artigos com mais citações foram identificados e são mostrados na figura 7. O artigo mais citado obteve um total de 734 e coincidentemente é o mesmo artigo mais citado encontrado na figura 6, mostrando, portanto a relação entre tecnologia e desenvolvimento sustentável. Além disso, verificaram-se nos

demais artigos abordagens como utilização de softwares de informação e comunicação e abordagens econômicas.

Figura 8 – Artigos mais citados em economia circular e custos



Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores)

A partir da busca combinada de “*circular economy*” e “*cost*”, os 5 artigos com o maior número de citações foram identificados e são mostrados na figura 6. O artigo mais citado obteve um total de 120 citações. Foi possível averiguar que além da temática relacionada a custos há relacionamento também com temas como projeto circular, modelagem de negócios e sistemas de economia circular.

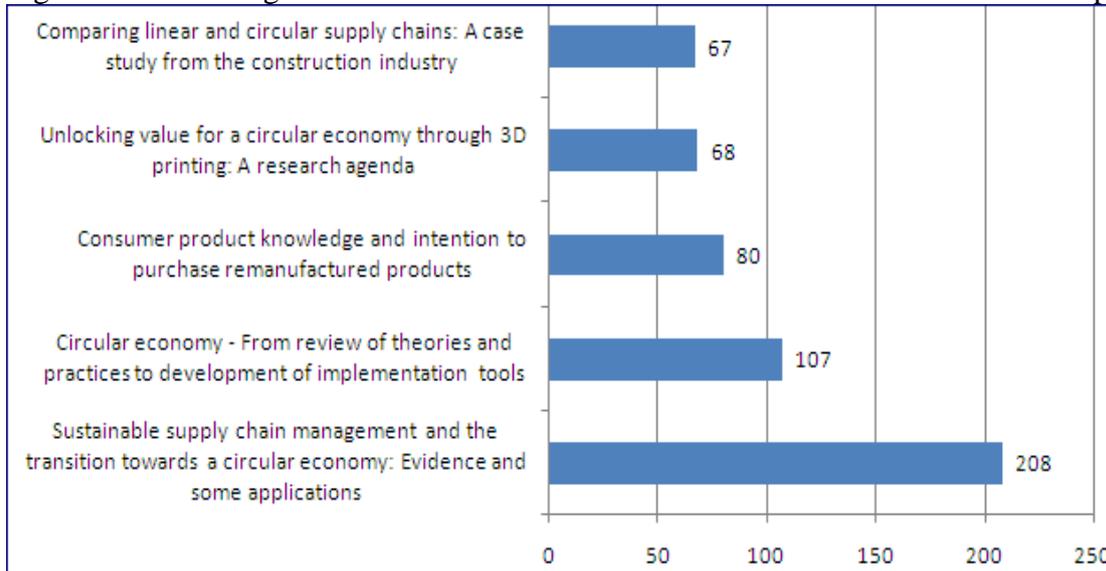
Figura 9 – Artigos mais citados em economia circular e qualidade



Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores)

Unindo “*circular economy*” e “*quality*”, os 5 artigos com mais citações foram identificados e são mostrados na figura 9. O artigo mais citado obteve um total de 80, que fala sobre a qualidade de produtos remanufaturados. Além disso, verificaram-se nos demais artigos abordagens como utilização de indicadores para economia circular e modelos que favorecem o crescimento econômico.

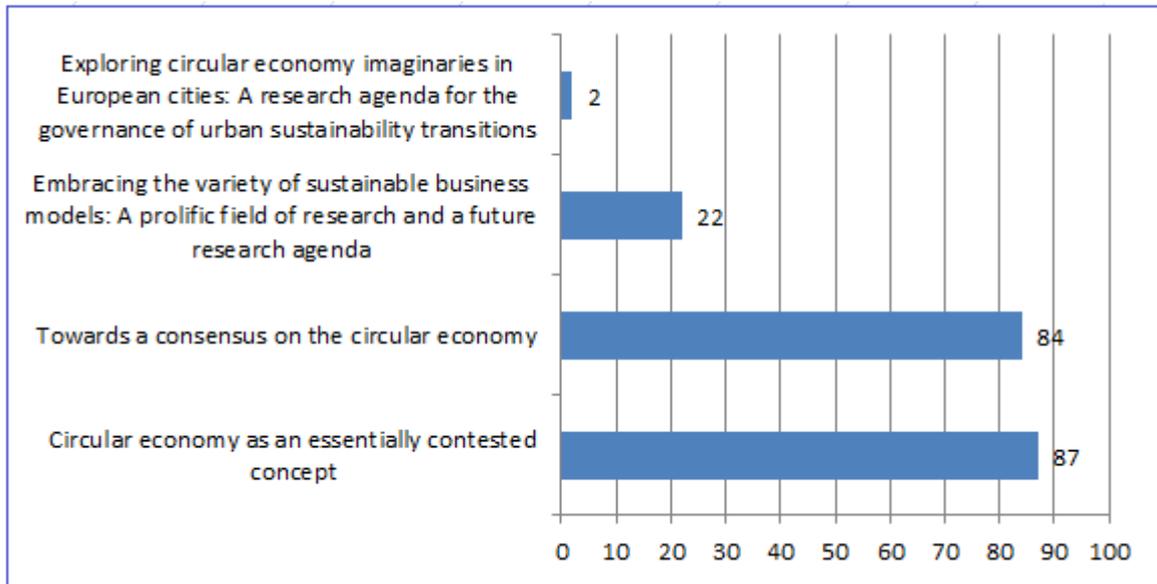
Figura 10 – Artigos mais citados em economia circular e cadeia de suprimentos



Fonte: Base *Scopus* (adaptado pelos autores)

A partir da busca combinada de “*circular economy*” e “*supply chain*”, os 5 artigos mais citados foram identificados e são mostrados na figura 10. O artigo mais citado obteve um total de 208 citações. Foi possível averiguar que além da temática relacionada à cadeia de suprimentos há relacionamento também com implementação de ferramentas para desenvolvimento dentro da economia circular, economia circular e impressora 3D e o consumo de produtos remanufaturados, cujo artigo também foi o mais citado em qualidade. Tendo em vista que *sustainable development* (desenvolvimento sustentável) foi o tema associado com mais publicações encontradas, realizou-se uma nova busca na base *Scopus* associando o tema com economia circular e engenharia de produção (“*circular economy*” AND “*sustainable development*” AND “*production engineering*”/ “*industrial engineering*”), e a busca resultou em 4 artigos, os quais podem ser observados na figura 11.

Figura 11 – Artigos mais citados em economia circular x desenvolvimento sustentável x engenharia de produção



Fonte: Base *Scopus* (pelos autores)

A busca combinada de “*circular economy*” AND “*sustainable development*” AND “*production engineering*” / “*industrial engineering*” resultou nos 4 artigos demonstrados na figura 11, cujo o mais citado teve 87 citações. Os artigos abordaram junto dentro do desenvolvimento sustentável temas como modelos de negócios sustentáveis e sustentabilidade urbana.

Após identificar os artigos mais citados dentro das cinco áreas destacadas foi elaborada a tabela 1 identificando os periódicos onde os artigos foram publicados e suas respectivas classificações. Nela estão contidas informações, como o fator de impacto e a classificação qualis dentro das áreas de Engenharias III e Administração.

Tabela 1: Classificação dos Periódicos

Periódicos	Fator de Impacto (2019)	Qualis		
		Engenharias III	Administração	Interdisciplinar
Journal of Cleaner Production	6.395	–	–	A1
Journal of Business Ethics	3.796	A2	A1	–
Journal of Industrial and Production Engineering	–	–	–	–
Ecological Economics	4.281	A1	–	–
Journal of Industrial Ecology	4.826	–	–	–
Energy	5.537	A1	A2	–
Green Chemistry	9.405	–	–	–
International Journal of Production Economics	4.998	–	–	A1
Environmental Modelling and Software	4.552	–	–	–
Resources, Conservation and Recycling	7.044	A2	A1	–
Business Strategy and the Environment	6.381	–	–	–
Sustainability (Switzerland)	2.592	B1	–	–
Omega (United Kingdom)	5.341	–	–	A1
Technological Forecasting and Social Change	3.815	–	–	A1

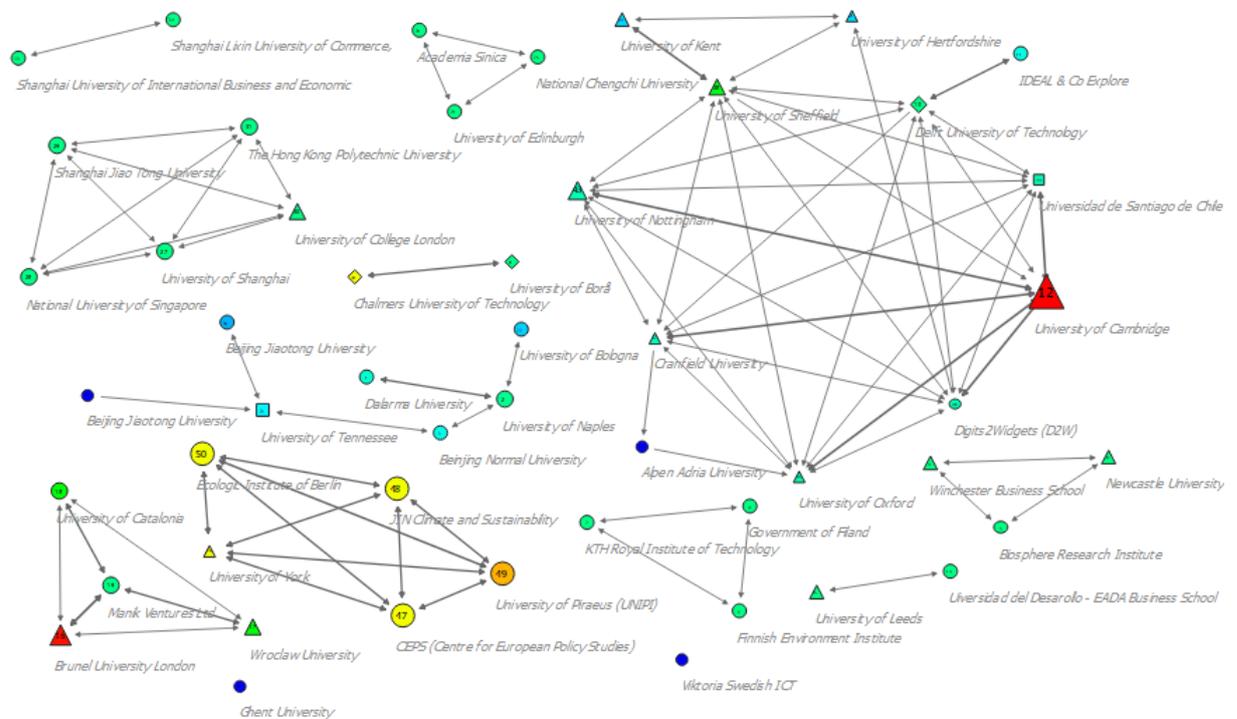
Fonte: Autores

Na tabela 1 um aspecto que chama a atenção além do fator de impacto é a classificação Qualis, com periódicos classificados em A1 e A2, e com um B1, em Engenharias III. Em Administração 2 periódicos estão na classificação A1 e 1 na classificação A2. E em Interdisciplinares os 4 destacados são A1. Trata-se de um indicativo relevante em relação a qualidade na qual o tema economia circular vem sendo publicado.

A partir do levantamento dos artigos mais citados foram identificados 110 autores, de diferentes organizações, a maioria deles de instituições europeias, com destaque para o Reino Unido, o qual teve uma colaboração de 42 autores, representando 38,18% do total.

Das instituições identificadas a *University of York*, no Reino Unido, destacou-se dentre as demais com um total de 11 autores identificados. Aparecem em menor número mas cabe menção instituições provenientes da China, Suécia, Finlândia e Países Baixos. Das universidades européias aparecem com mais frequência Universidade de Cambridge, Cranfield, Delf University e Sheffield. Fora desse continente temos a Universidade de Santiago de Chile, na América do Sul e Universidade do Tennessee, nos Estados Unidos. Do continente asiático foram identificadas universidades da China, como a Universidade de Shangai e da Universidade de Singapura. Foi elaborado um mapa de relacionamento entre os pesquisadores de diferentes instituições no sentido com o intuito de se identificarem as interações na produção de estudos e pesquisas entre os mesmos, conforme mostrado na figura 12.

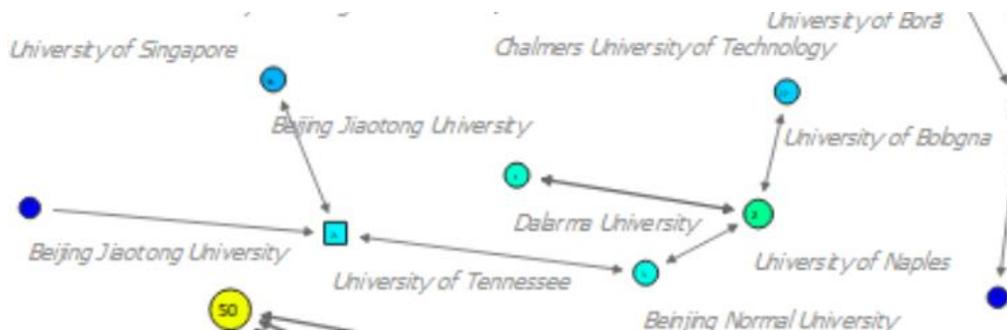
Figura 12 – Redes de colaboração



Fonte: Autores (2020)

A partir do mapeamento realizado foi possível identificar uma atuação em redes de pesquisa, algumas localmente concentradas, ao mesmo tempo que foi possível verificar interações envolvendo agentes institucionais de continentes, como é o caso da Universidade do Chile de mais especificamente da rede mostrada na figura 13.

Figura 13- Rede de colaboração intercontinental destacada do mapa



Fonte: Autores (2020)

A rede mostrada na figura 13 apresenta universidades européias, das américas e do continente asiático. Essa é uma constatação que evidencia a pesquisa colaborativa interinstitucional e intercontinental e mostra o caráter global do tema em estudo.

5. Conclusão

No presente trabalho foram apresentados os resultados do estudo bibliométrico relativo à economia circular e sua relação com a engenharia de produção. Foi possível observar que em termos absolutos as publicações sobre economia circular tiveram uma evolução crescente, 1018,32% no período de 2015 a 2018. Cabe observar que as taxas relacionadas ao número de publicações são decrescentes ano a ano, considerado o período pesquisado. De modo geral se pode considerar que as áreas de interseção entre economia circular e engenharia de produção são um campo emergente em termos de oportunidades de pesquisa.

Na análise das publicações por países, percebeu-se que a maioria das publicações estão concentradas na Europa e a minoria na África. Cabe considerar que o movimento relacionado à economia circular é elevado na Europa que já incluiu a economia circular como tópico dos planos de desenvolvimento. O Brasil teve destaque dentro das publicações dos países da América Latina e está incluído entre os 20 países com mais publicações no mundo, sendo emergente neste segmento sua inserção.

Na análise por área de estudo notou-se que a área relacionada à engenharia de produção teve uma representação de 1,5% das publicações, o que sugere que há espaço para que o tema pode ser mais explorado. Além disso, identificaram-se as áreas da engenharia de produção que se destacaram em relação à economia circular e a que teve maior número de publicações encontradas foi engenharia de sustentabilidade, com o tema desenvolvimento sustentável como o associado. Além disso, as áreas temáticas relacionadas à tecnologia, custos, qualidade e cadeia de suprimentos também tiveram valores significativos em termos das publicações.

Por outro lado, não foram encontradas publicações para 8 dos temas selecionados, que foi o caso de gerenciamento de sistemas e operações, processos produtivos discretos e contínuos, gestão de estoques, pesquisa operacional, inovação, segurança do trabalho, gestão de efluentes e responsabilidade social, o que demonstra a necessidade e oportunidade de integrar os mesmos e desenvolver um novo caminho de estudos.

Analisando os artigos mais citados dentro dos temas com mais publicações notou-se que alguns artigos estavam dentre os mais citados em mais de um dos temas, podendo-se perceber a relação entre eles e dentre eles, o tema negócios apareceu com mais frequência.

A avaliação dos periódicos serviu para identificar o impacto dos mesmos e sua classificação qualis dentro das áreas Engenharias III e Administração e a tabela dos autores e instituições possibilitou identificar os agentes envolvidos na produção de pesquisas em economia circular e produção científica nas publicações identificadas na pesquisa em questão, bem como as instituições envolvidas e seus respectivos países.

A identificação da pesquisa colaborativa, desenvolvida em rede, com abrangência global foi um aspecto sugere ser uma tendência que merece investigação mais aprofundada para o entendimento do papel de cada um dos agentes e sua colaboração.

A partir dos resultados obtidas no presente estudo propõe-se para trabalhos futuros, um aprofundamento nas áreas de conhecimento da engenharia de produção e sua relação com a economia circular de forma abrangente, assim como explorando campos como *lean manufacturing*, educação, qualidade, produtividade e indicadores. Recomenda-se também explorar o papel das redes de pesquisa e seu impacto.

REFERÊNCIAS

ABEPRO. **Engenharia de Produção: Grande área e diretrizes curriculares**. Disponível em: http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/Ref_curriculares_ABEPRO.pdf. Acesso em 26 de agosto 2019.

ABEPRO. **Economia circular: o papel da engenharia de produção**. Disponível em: http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/50/SD_2016_-_Wladimir_H._Motta.pdf. Acesso em 26 de agosto 2019.

BERARDI, Patrícia; DIAS, Joana Maia. **O mercado da economia Circular: como os negócios estão sendo afetados pelo modelo que substitui o linear e como serão ainda mais a médio e longo prazos**. GVEXECUTIVO, v. 17, nr. 5, set/out, 2018. Fundação Getúlio Vargas.

Ellenmacarthurfoundation. **Economia Circular**. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular-1>. Acesso em: 20 de agosto de 2019.

FRANCIOSI, C., Iambiase, A., & MIRANDA, S. (2017). Sustainable Maintenance: a Periodic Preventive Maintenance Model with Sustainable Spare Parts Management. **IFAC-PapersOnLine**, 50(1), 13692–13697. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.2536>

GEERKEN, T., SCHMIDT, J., BOONEN, K., CHRISTIS, M., & MERCIAI, S. (2019). Assessment of the potential of a circular economy in open economies e Case of Belgium. **Journal of Cleaner Production**, 227, 683–699. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.120>

GUSMEROTTI, N. M., TESTA, F., CORSINI, F., PRETNER, G., & IRALDO, F. (2019). Drivers and approaches to the circular economy in manufacturing firms. **Journal of Cleaner Production**, 230, 314–327. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.044>

MORAGA, G., HUVUSVELD, S., MATHIEUX, F., BLEGINI, G. A., AIAERTS, L., ACKER, K.; VAN DEWULF, J. (2019). Resources , Conservation & Recycling Circular economy indicators: What do they measure? **Resources, Conservation & Recycling**, 146(January), 452–461. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.045>

PRIETO-SANDOVAL, V., JACA, C., & ORMAZABAL, M. (2018). Towards a consensus on the circular economy. **Journal of Cleaner Production**, 179, 605–615. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.224>

SEROKA-STOLKA, O., & OCIEPA-KUBICKA, A. (2019). ScienceDirect Green logistics and circular economy Green logistics and circular economy Green Cities 2018. **Transportation Research Procedia**, 39(2018), 471–479. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.06.049>

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. Tradução de Henrique Luiz Corrêa. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SVENSSON, N., & FUNCK, E. K. (2019). Management control in circular economy . Exploring and theorizing the adaptation of management control to circular business models. **Journal of Cleaner Production**, 233, 390–398. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.089>

WEETMAN, C. *Economia Circular: conceitos e estratégias para fazer negócios de forma mais inteligente, sustentável e lucrativa*. 1a. ed – São Paulo: **Autentica Business**, 2019.