

ESTUDO BIBLIOMÉTRICO SOBRE PESQUISA CIENTÍFICA DE RECICLAGEM DE BORRA DE CAFÉ NA WEB OF SCIENCE

Patricia Maria Casé da Silva

Mestranda em Engenharia Ambiental UFRPE
patriciacase2016@gmail.com

Elysâmia Teles de Almeida Tenório

Graduanda em Engenharia Ambiental
elysamia.teles@ufrpe.br

Rossanna Barbosa Pragana

Docente da UFRPE/DTR
rossanna.barbosa@ufrpe.br

Rosângela Gomes Tavares

Docente da UFRPE/DTR
rosangela.gomestavares@ufrpe.br

RESUMO

Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria do Café (ABIC, 2018) o consumo do café no Brasil, foi da ordem de 21,12 milhões de sacas com um consumo percapita de 5,99 kg de café torrado e moído que geram uma massa residual denominada de borra de café. Tendo em vista o modelo econômico vigente, e os desafios de mitigar os impactos ambientais causados pelo descarte da borra de café é importante conhecer o panorama e as perspectivas das pesquisas científicas sobre o reuso dos resíduos sólidos gerados do preparo da bebida. Posto isso, o objetivo deste trabalho é analisar, por meio de um estudo bibliométrico, a produção científica quanto ao tema de reuso da borra do café na base Web of Science. Foram consideradas as publicações entre 2012 a 2022 e essas analisadas por meio do software VOSviewer. Os resultados apontam que estudos sobre reuso da borra de café ainda são poucos, sobretudo no aspecto de aplicação no solo e da economia circular. As temáticas mundiais que prevalecem são as relacionadas à produção de biodiesel, biogás e biochar. O Brasil ocupa a quarta colocação entre os países que mais publicaram no período pesquisado, embora alinhado a temática mundial. Os termos que mais aparecem nas publicações são: “resíduos”, “biomassa”, “extração”, “adsorção” e “biodiesel”.

Palavras-chave: Cafeicultura. Reaproveitamento. Resíduos. Bibliometria. Consumo.

BIBLIOMETRIC STUDY ON SCIENTIFIC RESEARCH ON COFFEE GROUNDS RECYCLING ON THE WEB OF SCIENCE

ABSTRACT

Regarding to consumption, according to data from the Brazilian Coffee Industry Association (ABIC, 2018), coffee consumption in Brazil was around 21.12 million bags with a per capita consumption of 5.99 kg of coffee roasted and ground which generates a residual mass called coffee grounds. Considering the current economic model and the challenges of mitigating the environmental impacts caused by the disposal of coffee grounds, it is important to know the panorama and perspectives of scientific research on the use of solid waste generated from the preparation of the drink. That said, the objective of this work is to analyze, through a bibliometric study, scientific production on the topic of reusing coffee grounds in the Web of Science database. Publications from 2012 to 2022 were considered for this evidence using the VOSviewer software. The results indicate that studies on the use of coffee grounds are still few, especially in terms of land application and the circular economy. The prevailing global issues are those related to the production of biodiesel, biogas and biochar. Brazil occupies fourth place among the countries that

were most published in the period researched, although aligned with the global theme. The terms that appear most in publications are: “waste”, biomass”, “extraction”, “adsorption” and “biodiesel”.

Key words: Coffee farming. Reuse. Waste. Bibliometrics. Consumption

1. INTRODUÇÃO

O café é a bebida mais consumida do mundo, possuindo elevada importância no Brasil, visto que coloca o país em uma posição de destaque no mercado mundial, sendo o segundo maior consumidor e exportador do grão. Porém, verificam-se impactos ambientais, que foram desencadeados ao longo dos séculos de História do café no Brasil.

O sistema econômico vigente trouxe desafios de ordem socioambiental que eram ignorados, mas que passaram a ocupar mais espaço nas discussões de empresas, governo e sociedade civil. Nesse sentido, abre-se a discussão em torno do volume de resíduos gerados e as práticas sustentáveis (BERNARDI; STARK, 2018).

Visando prover respostas e soluções a esses desafios, foi publicada no Brasil em 2010 a Lei nº. 12.305 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS com seus princípios, objetivos e instrumentos, e as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos.

Segundo Kageyama et al. (2014), os principais impactos da cultura cafeeira no Brasil são: alto índice de desmatamento da Mata Atlântica e do Cerrado para implantação dos monocultivos de café e o empobrecimento do solo oriundo de um sistema convencional de produção baseado no uso de fertilizantes químicos e agrotóxicos. No que diz respeito ao consumo, este é

responsável pela elevada geração de uma massa residual denominada de borra de café.

A borra é rica em ácidos graxos, proteínas, polifenóis, minerais e polissacarídeos (CAMPOS-VEGA et al., 2015). Cerca de 45% p/p, são açúcares polimerizados em forma de celulose e hemicelulose. Aproximadamente 70% dos polissacarídeos do café torrado permanecem na borra do café. (ZABANIOTOU et al, 2019). Além desses componentes, existem os compostos em menor quantidade, como minerais, compostos fenólicos, taninos e cafeína, que quando solubilizados causam a contaminação do solo. É classificado como Resíduo Sólido Urbano e sua destinação é para aterros sanitários, controlados e lixões.

Apesar dos benefícios da borra de café, é preciso mapear os desafios associados ao seu uso como, por exemplo, os impactos da cafeína no solo. A química e a atividade biológica desta e de outras substâncias nesta massa não foram elucidadas e estudos de impacto ambiental sobre esse material ou da sua decomposição são escassos (DAGLIA et al, 2000).

Quando se refere à utilização do solo para alcançar maior produtividade, a microbiocenose é um componente que recebe pouca atenção. O principal fator que altera as propriedades químicas do solo em áreas agrícolas e que mostra efeito sobre sua fauna é a utilização de fertilizantes, químicos ou orgânicos. A atividade antrópica introduz compostos xenobióticos no ambiente, sejam estes agrotóxicos e fertilizantes, ou metais,

derivados de petróleo, e resíduos provenientes de atividade do cotidiano, como o consumo de café.

Para tratar tais desafios, pode-se usar um tipo de pesquisa bibliográfica, conhecida como Revisão Sistemática associada às técnicas de Análise Bibliométrica. Através desses procedimentos quantitativos de pesquisa, pode-se diminuir a subjetividade na escolha das publicações e promover seleções e tratamentos mais confiáveis de dados baseados em protocolos replicáveis e indicadores quantitativos.

Diante disso, este estudo tem como objetivo analisar a produção científica quanto ao tema reuso de borra de café, apontando abordagens crescentes e potenciais e também as lacunas de pesquisa existentes na literatura, no que se configura como uma agenda de pesquisa para o futuro.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos metodológicos desta pesquisa foram alicerçados na técnica da bibliometria. De acordo com Araujo et al. (2006), esse tipo de estudo busca observar a evolução da literatura e o conhecimento produzido no decorrer dos anos de uma determinada temática. Através desse procedimento qualitativo/quantitativo de pesquisa, pode-se diminuir a subjetividade na escolha das publicações e promover seleções e tratamentos mais confiáveis de dados baseados em protocolos replicáveis e indicadores quantitativos.

A pesquisa foi iniciada através de uma revisão sistemática no portal de Periódicos da Capes/MEC, acessado através de serviço

integrado, junto a UFRPE (Universidade federal Rural de Pernambuco).

A fonte de dados utilizada foi a Web of Science (WoS), base de dados multidisciplinar da Thomson Reuters, usada mundialmente para a realização de análises da produção científica. A WoS foi escolhida como a base a ser consultada por ser multidisciplinar e indexar os periódicos mais citados em suas respectivas áreas. Atualmente, ela possui mais de 18.000 periódicos indexados (CLARIVATE ANALYTICS, 2019).

Foram utilizados os termos “Spent Coffee Ground” e “coffee waste” para localizar artigos referentes a temática pesquisada na referida base de dados. Considerou-se que estas palavras-chave deveriam estar contidas no título ou no resumo dos trabalhos. Assim, empregou-se o campo TS (Tópico), referente ao tópico da pesquisa e foi construída a seguinte expressão de busca: (TS= (spent coffee ground AND coffee waste)).

A coleta dos dados foi efetuada entre junho e julho/2022.

Objetivando refinar a pesquisa, foram considerados apenas os documentos categorizados como: artigos, escritos em português ou inglês, com no máximo 10 anos de publicação. Foram eliminados os artigos duplicados e após leitura dos resumos, os que não se referiam a temática pesquisada. O resultado encontra-se mensurado conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Quantidade de publicações entre 2012 e 2022 na base de dados Web os Science

Base Pesquisa	Descritores	Resultados
---------------	-------------	------------

		Brutos	Pós filtros
Web of Science	"Spent Coffee Grounds" OR "Coffee Waste" OR "Spent Coffee grounds recycling"	1.435	1.046

Fonte: As autoras, 2023

Para a primeira etapa da pesquisa, foram gerados gráficos com base nos dados pós filtros na WoS para as áreas mais pesquisadas, evolução das publicações ao longo dos últimos dez anos e os artigos de maior relevância para temática pesquisada em número de citações.

Os dados foram importados da Web of Science em arquivos em formato txt.

Para organização e análise dos dados foi utilizado o software VOSviewer, de domínio público, desenvolvido pelo Centro de Estudos de Ciência e Tecnologia da Universidade de Leiden, Holanda. A ferramenta permite a organização e a realização de análises descritivas dos registros bibliográficos extraídos de bases de dados como a WoS.

O VOSviewer pode ser usado para construir redes de publicações científicas, revistas científicas, pesquisadores, organizações de pesquisa, países, palavras-chave ou termos. O VOSviewer fornece três visualizações de um mapa: a visualização de rede, a visualização de sobreposição e a visualização de densidade. Os mapas criados são compostos por itens – objetos de interesse (publicações, pesquisadores ou palavras) e entre eles os links, conexões de acoplamento bibliográfico. Os itens são

agrupados em clusters e são representados por um círculo. Quanto maior o círculo, maior o número de repetições do item e quanto mais próximos, maior a correlação entre os mesmos (VAN ECK; WALTMAN, 2017).

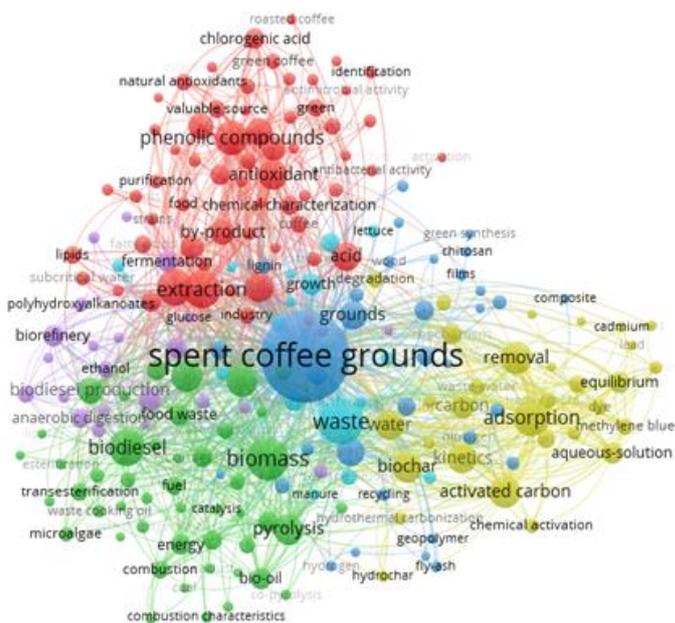
Ao final, os resultados das análises bibliométricas permitem ampliar a compreensão sobre o que se pesquisa, no caso deste estudo o reuso da borra de café. A partir desta identificação é possível caracterizar as redes de colaboração, bem como mapear a evolução dos diferentes campos de estudo sobre a borra de café.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados encontrados mostram 1.046 publicações sobre o tema borra de café na Web of Science para o período estudado.

A análise de ocorrência de palavras, realizou-se com o objetivo de identificar as principais temáticas abordadas nos estudos sobre borra de café no mundo. A Figura 1, a seguir, apresenta um mapa com as palavras que mais ocorrem nos títulos, resumos e palavras-chave dos trabalhos.

Figura 1 - Mapa das palavras que ocorrem nos títulos, resumos e palavras-chave das publicações sobre borra de café



Fonte: As autoras, 2023

As palavras (Figura 1) são apresentadas em forma de agrupamentos ou clusters, com diferentes cores e tamanhos, referentes à recorrência das palavras e respectivas áreas da ciência. Observa-se que seis clusters são identificados e aqueles que aparecem próximos compartilham de alta similaridade, enquanto os clusters mais afastados denotam baixa

similaridade. Cada círculo constituinte da rede é uma das 214 palavras que tiveram oito ou mais ocorrências.

As palavras “spent coffee grounds”, “waste”, biomass”, “extraction”, “adsorption” e “biodiesel” são as que aparecem em tamanho maior, e ocorreram 616, 161, 136, 110, 104 e 103 vezes, respectivamente nas publicações.

Figura 2 - Principais temáticas de pesquisa e sua recorrência (em % do total)

Cluster	Roxo	Verde	amarelo	azul claro	azul escuro	Vermelho
Temática	Borra de Café e Biogás	Borra de café e Biodiesel	Borra de Café e Biochar	Borra de Café e Solo	Borra de café e compósitos	Caracterização / Propriedades Físicas, Químicas e Mecânicas
Nº palavras	23	47	31	18	34	61
%	10,7%	22,0%	14,5%	8,4%	15,9%	28,5%

Fonte: As autoras, 2023

A partir desta clusterização, entende-se que 28% das palavras repetidas, agrupadas no cluster vermelho, referem-se à caracterização da borra de café através de pesquisas voltadas para determinação de componentes fenólicos, açúcares, lipídeos, cafeína, propriedades antioxidantes, antibacterianas, físico-químicas e mecânicas.

No cluster azul escuro 15,9% das palavras repetidas concentram-se no reuso da borra de café a partir de suas propriedades mecânicas na construção civil como compósitos, geopolímeros.

Já nos clusters verde e roxo, representando respectivamente 22,0% e 10,7% das palavras repetidas, a borra de café está ligada ao reuso como biomassa para produção de biogás e biodiesel, sendo neste agrupamento a aparição

e repetição da palavra economia circular. No cluster amarelo, 14,5% das palavras estão ligadas ao reuso da borra como biochar. Por último, o cluster azul claro, concentra apenas 8,4% das palavras repetidas, referentes ao reuso da borra de café no solo, verificando-se estudos sobre reuso como substrato, fertilizante e fitotoxicidade.

Portanto, o cluster vermelho foi o que apresentou maior diversidade de publicações sobre a borra de café. Uma justificativa para esta diversidade é o caráter multidisciplinar dos estudos para aplicações para o qual a borra de café poderia ser destinada.

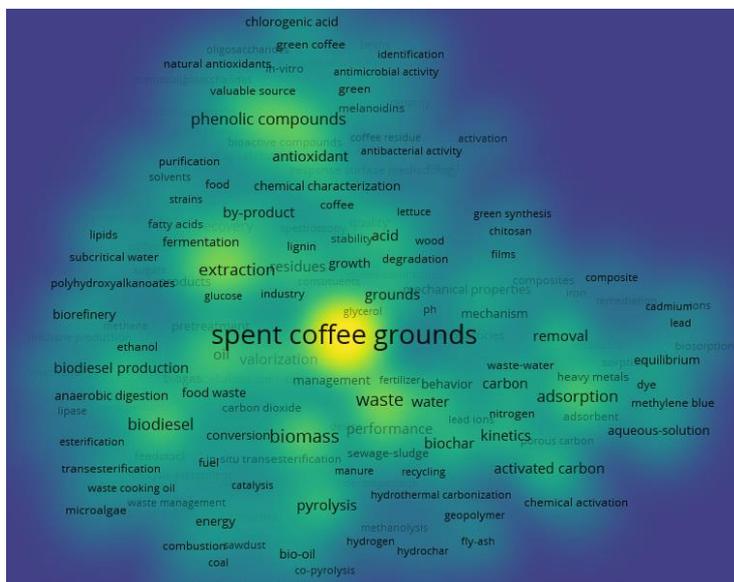
A borra de café tem sido pesquisada para uso na produção de biodiesel (MATA, 2018),

como fonte de açúcares (MUSSATTO et al., 2011), precursor da produção de carvão ativado (KANTE, e tal., 2012), composto (PREETHU, et al., 2007) e como adsorvente para remoção de íons metálicos (FIOL; ESCUDERO; VILLAESCUSA, 2008).

Apesar da grande quantidade de palavras e do tamanho do cluster vermelho, os clusters roxo, verde e amarelo são os que detêm as palavras que apareceram mais vezes nas publicações.

A Figura 3 apresenta a densidade dos termos. A cor amarela e também o tamanho da letra indicam maior densidade, o que sinaliza que essas palavras têm maior ocorrência dentro das publicações.

Figura 3 - Mapa de densidade das palavras que ocorrem nos títulos e resumos e palavras-chave das publicações



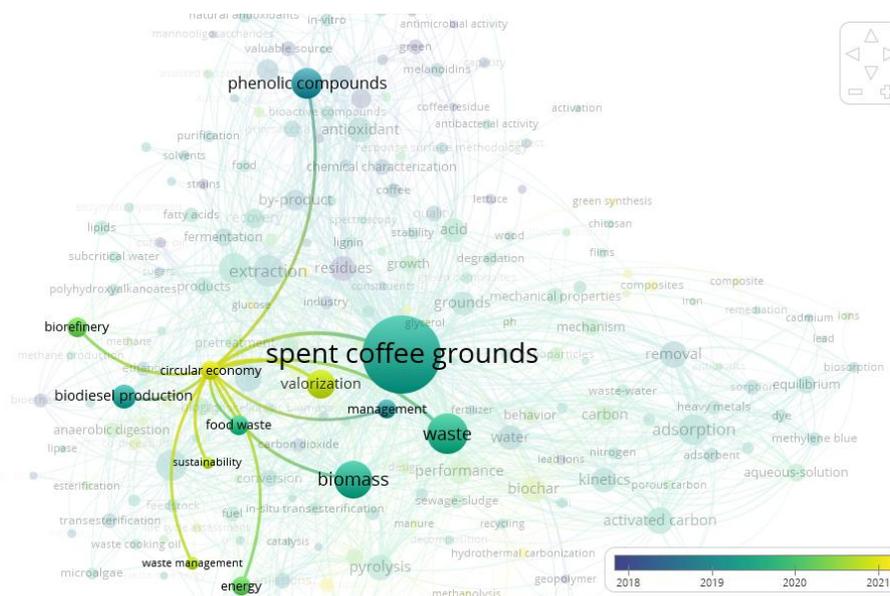
Fonte: As autoras, 2023

Ao longo da última década, destacam-se, portanto, os estudos sobre a caracterização da borra de café em torno de seus possíveis reuso.

Os indicadores obtidos a partir da análise dos dados obtidos da web of Science, demonstram que a temática pesquisada ainda é

muito incipiente, levando-se em consideração que a evolução das publicações efetuadas passa a ser expressiva a partir de 2012 (Figura 4) com maior ênfase a partir de 2018.

Figura 4 - Publicações sobre Reuso de Borra de Café nos últimos 10 anos – 2012 à 2022



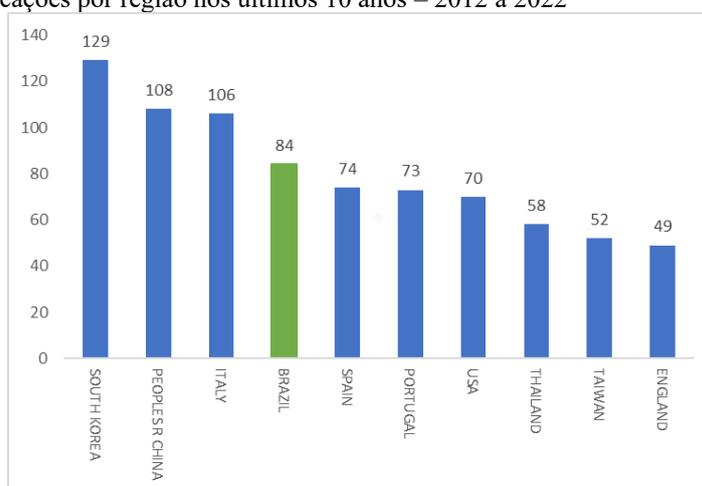
Fonte: As autoras, 2023

A maior parte da literatura disponível encontrada na base Web of Science, tem como enfoque o reuso da borra de café como fonte energética, que conforme na pesquisa efetuada por Santos (2010), extraiu-se o óleo presente na borra de café, para produção de biodiesel. Foi verificado viabilidade econômica para o processamento em pequena escala por

cooperativas, não sendo estudado a produção em escala industrial.

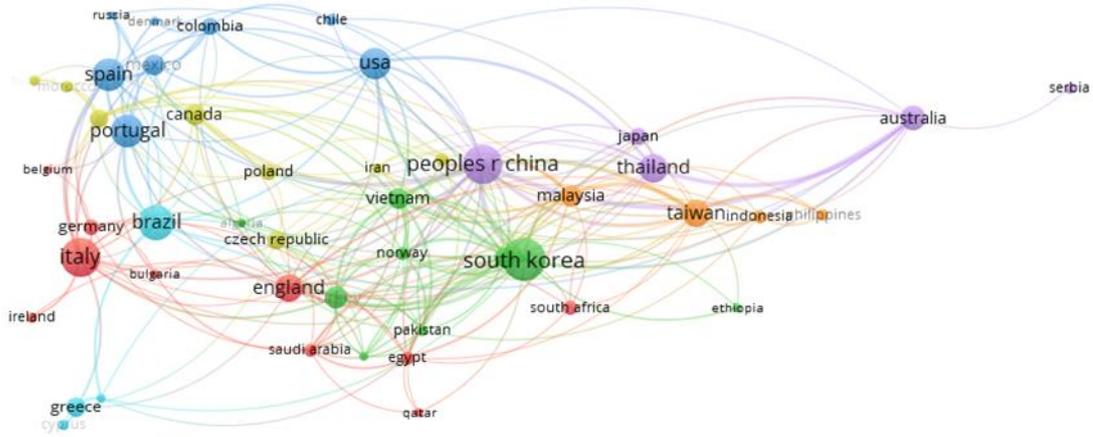
Dentre os países que mais pesquisam sobre a temática, o Brasil ocupa a quarta colocação, mesmo sendo o segundo maior consumidor da bebida e, portanto, segundo maior produtor de borra de café (Figura 7).

Figura 7 - Publicações por região nos últimos 10 anos – 2012 à 2022



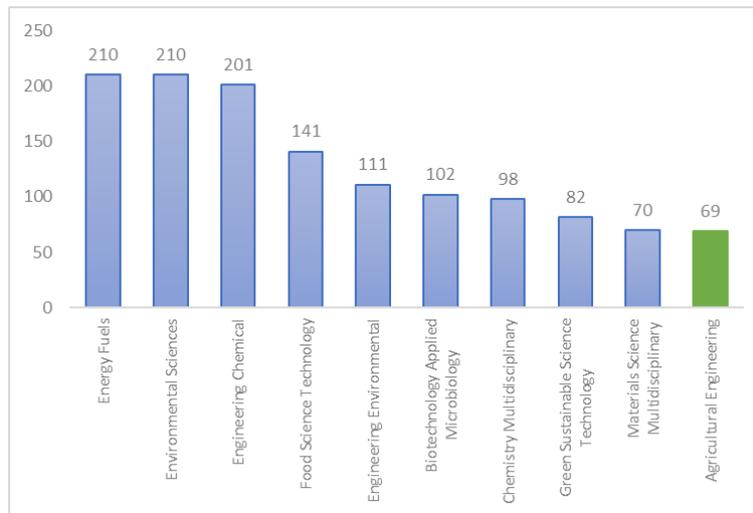
Fonte: As autoras, 2023

Figura 8 - Países que mais pesquisaram sobre borra de café no período analisado



Fonte: As autoras, 2023

Figura 9 - Publicações por área nos últimos 10 anos – 2012 à 2022



Fonte: As autoras, 2023

Um outro achado importante é oriundo das pesquisas de Cruz, et al. (2015) que utilizaram a borra de café como aditivo de solo para cultivo de alface. Não houve alteração no crescimento das plantas quando adicionado até 10% de borra de café ao solo, acima dessa porcentagem ocorreu interferência no desenvolvimento das plantas, obtendo-se plantas menores. Desta forma não se deve utilizar grande proporção de borra, pois compostos presentes, como a cafeína, acabam inibindo o desenvolvimento das plantas. Esta alternativa pode absorver parte do rejeito gerado atualmente, mas não conseguirá absorver grande parte da borra gerada.

4. CONCLUSÕES

Na análise realizada nas 1.047 publicações sobre borra de café, a reciclagem se mostrou um tema ainda pouco abordado nas pesquisas sobre café, visto que a palavra “recycling” apareceu apenas 13 vezes nos títulos, resumos e palavras-chave dos estudos. E a temática de reuso com foco em economia circular aparece apenas 30 vezes com ênfase nos últimos 2 anos.

As temáticas que prevalecem, conforme o mapa de palavras, são as que relacionam ao reuso da borra de café com foco na produção de energia e ciência ambiental. A área de ciências

ambientais é responsável por 20,26% das publicações sobre borra de café. Contudo, os estudos sobre o tema mais do que triplicaram ao longo do período analisado.

A partir dos resultados apresentados, algumas lacunas de pesquisa foram observadas e propõe-se uma agenda científica sobre o tema. Apesar de haver estudos ambientais sobre reuso da borra de café, observou-se a ausência de publicações sobre reuso da borra de café in natura. Palavras como substrato foram encontradas em menor quantidade. Assim, entre as possibilidades para estudos futuros, sinaliza-se a necessidade de mais estudos sobre os efeitos da cafeína no reuso da borra de café para produção agrícola, seja como composto, substrato ou fertilizante, principalmente pelo fato que como no cultivo de cogumelos comestíveis ou na composição de ração animal, apresenta uso limitado devido à presença da cafeína em sua composição.

O Brasil, primeiro maior produtor do grão e segundo maior gerador de borra de café, aparece em quarta colocação entre os 10 países que mais publicaram no período pesquisado, entretanto, com a temática predominante sobre produção de energia. Sendo assim, outros autores e instituições latino-americanas poderiam voltar suas pesquisas à temática, já que o país baseia sua economia nas commodities agrícolas e têm vários produtores de café que podem se beneficiar das publicações.

REFERÊNCIAS

ABIC - Associação Brasileira da Indústria do Café. Indicadores da Indústria de Café, 2018. Disponível em: <http://abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/indicadores-da-industria-de-cafe2018-2/>. Acesso em: 22 abr. 2021.

ARAÚJO, C. A. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. Em *Questão*, 12, 2006. DOI: <http://doi.org/10.19132/1808-5245121>.

BERNARDI, C., STARK, A. W. Environmental, social and governance disclosure, integrated reporting, and the accuracy of analyst forecasts. *The British accounting review* 50, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bar.2016.10.001>.

BRASIL. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui Política Nacional dos Resíduos Sólidos. *Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 139, n. 8, p. 1-74, 2 ago. 2010.*

CAMPOS-VEGA, Rocio et al. Spent coffee grounds: a review on current research and future prospects. *Trends In Food Science & Technology*, 45, 2015. Elsevier BV. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2015.04.012>.

CLARIVATE ANALYTICS. Disponível em: <https://clarivate.com/products/web-of-Science/databases/>. Acesso em: 01 de maio de 2019.

DAGLIA, MARIA & PAPETTI, ADELE & GREGOTTI, CESARINA & BERTÈ, FRANCAANTONIO & GAZZANI, GABRIELLA. (2000). In Vitro Antioxidant and ex Vivo Protective Activities of Green and Roasted Coffee. *Journal of agricultural and food chemistry*. 48. 1449-54. 10.1021/jf990510g.

FIOL, N., ESCUDERO, C., VILLAESCUSA, I. Reuse of exhausted ground coffee waste for Cr (VI) sorption. *Separation Science and Technology*, 43, 582-596, 2008.

KAGEYAMA, P. Y. Uma análise das consequências da agricultura convencional e das opções de modelos sustentáveis de produção—agricultura orgânica e agroflorestal. *Revista Espaço de Diálogo e Desconexão*, 8: 1984-1736, 2014.

KANTE, K. et al. Spent coffee-based activated carbon: specific surface features and their importance for H₂S separation process. *Journal of Hazardous Materials*, 201, 141-147, 2012.

MATA, T. M., et al. Biorefinery approach for spent coffee grounds valorization. *Bioresource Technology*. v. 247, 2018.

MUSSATTO, S. I. et al. Extraction of antioxidant phenolic compounds from spent coffee grounds. *Separation and Purification Technology*, 83, 173-179, 2011.

PREETHU, D. C. et al. Maturity indices as an index to evaluate the quality of compost of coffee waste blended with other organic wastes. In *Proceeding of*

International Conference on Sustainable Solid Waste Management, Chennai, India, 270-275, 2007.

SANTOS, D. Desenvolvimento de método para a obtenção de energia a partir da produção de biodiesel via extração de óleo de borra de café em escala laboratorial. 2010. 56 f. Dissertação, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2010.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Citation-based clustering of publications using CitNetExplorer and VOSviewer. *Scientometrics*, 111, 1053-1070, 2017.

ZABANIOTOU, Anastasia; KAMATEROU, Paraskevi. Food waste valorization advocating Circular Bioeconomy - A critical review of potentialities and perspectives of spent coffee grounds biorefinery. *Journal Of Cleaner Production*, 211, 1553-1566, 2019. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.230>.