

Tratamento de águas residuais para produção de estruvita: Um estudo bibliométrico

Wastewater Treatment for struvite production: A bibliometric study

Sólon Colodetti Suela

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

E-mail: soloncolodetti@gmail.com

Paulo Sérgio da Silva Porto

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

E-mail: paulo.porto@ufes.br

Rodrigo Randow de Freitas

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

E-mail: rodrigo.r.freitas@ufes.br

Recebido: 08/05/2018 – Aceito: 29/06/2018

Resumo

Pesquisas focadas em revelar soluções para o despejo de resíduos em efluentes têm sido muito visados por apresentarem a possibilidade de unir soluções rentáveis economicamente e ecologicamente viáveis. Sua aplicação na obtenção de uma substância denominada estruvita é o foco de diversas pesquisas recentes, fato que leva ao objetivo deste artigo, que propõe apresentar processos de seleção de artigos, que sejam relevantes sobre o tema “tratamento de águas residuais para produção de estruvita”, nas abrangências da base de dados *Web of Science*, a fim de compor um portfólio de referenciais bibliográficos sobre o tema em questão. O processo possibilitou a seleção de 20 artigos de relevância, alinhados com o tema e dispostos em diversas áreas de atuação. Além disso, foi realizada uma análise bibliométrica do portfólio, de modo a caracterizar e analisar os artigos selecionados. Por fim, realizou-se uma avaliação das tendências futuras das pesquisas, destacando seus fatores positivos e negativos, por meio de uma matriz SWOT.

Palavras-chave: Bibliometria; Efluentes; Análise; Base de dados.

Abstract

Researches focused in showing solutions for the waste disposal in effluents have been targeted for presenting the possibility of combining cost-effective and environmentally viable solutions. Its application for obtaining a substance called struvite is the goal of many recent researches, fact that leads to the objective of this research, which proposes presenting processes to select

relevant articles to the theme “wastewater treatment for struvite production” in the Web of Science database, in order to create a portfolio of bibliographic references on the subject in question. The whole process leads to the selection of 20 relevant articles, aligned with the theme and arranged in several areas of activity. In addition, a bibliometric analysis of the portfolio was carried out, in order to characterize and analyze the selected articles. Finally, an evaluation of the future research trends has been made, highlighting its positive and negative factors, through a SWOT matrix.

Keywords: Bibliometrics; Effluents; Analysis; Database.

1. Introdução

Águas residuais com alta concentração de nutrientes, ao serem despejadas em mananciais sem um tratamento adequado, podem prejudicar a qualidade da água, e acarretar danos ao ambiente do despejo (ZHANG et al., 2008).

Os nutrientes, inseridos de forma antropogênica, comumente encontrados nesses recursos hídricos são o nitrogênio e o fósforo, e que podem, geralmente, ser removidos por solidificação. Porém, nesta situação, o processo de separação das substâncias não possibilita seu aproveitamento de forma sustentável, podendo até mesmo resultar na geração de produtos tóxicos (DE-BASHAN; BASHAN, 2004).

Uma possível alternativa que se apresenta, quanto a remoção de fósforo, por processos biológicos, é quando extraído no formato de fosfato. Porém, o lodo proveniente do processo, que contém microrganismos agregados, é digerido de modo anaeróbico, fazendo com que parte do fósforo volte à fase líquida, e assim, inviabilize o mecanismo de extração utilizado (BARROS; SILVA; ARAÚJO, 2012).

Bouropoulos e Koutsoukos (2000) apontam que a precipitação dos nutrientes, de modo conjunto para o nitrogênio e o fósforo, na forma de estruvita, oferece a vantagem de um produto viável, com disponibilidade biológica para as plantas.

Jahnen-dechent e Ketteler (2012), também relatam que o fato de a estruvita conter magnésio em sua estrutura faz com que essa substância apresente alta resistência para o estado de hidratação, conferindo a capacidade de se dissolver mais lentamente em água, e conseqüentemente, possibilitando sua aplicação como fertilizante em dose única, uma vez que os nutrientes são liberados lentamente, acompanhando o processo de crescimento da planta.

Com o exposto, visto o potencial da estruvita, aliado à recuperação de nitrogênio e fósforo em efluentes, observou-se uma ótima oportunidade de geração de conhecimento

científico, por meio de uma análise bibliométrica sobre a produção de estruvita a partir de efluentes ricos em nutrientes.

Pode-se afirmar que estudos com base nessa análise têm recebido cada vez mais destaque academicamente, em virtude do reconhecimento de sua relevância para quantificação, classificação e avaliação de trabalhos científicos, assim como a obtenção de um portfólio que defina áreas e polos de excelência acadêmica na produção de tais estudos.

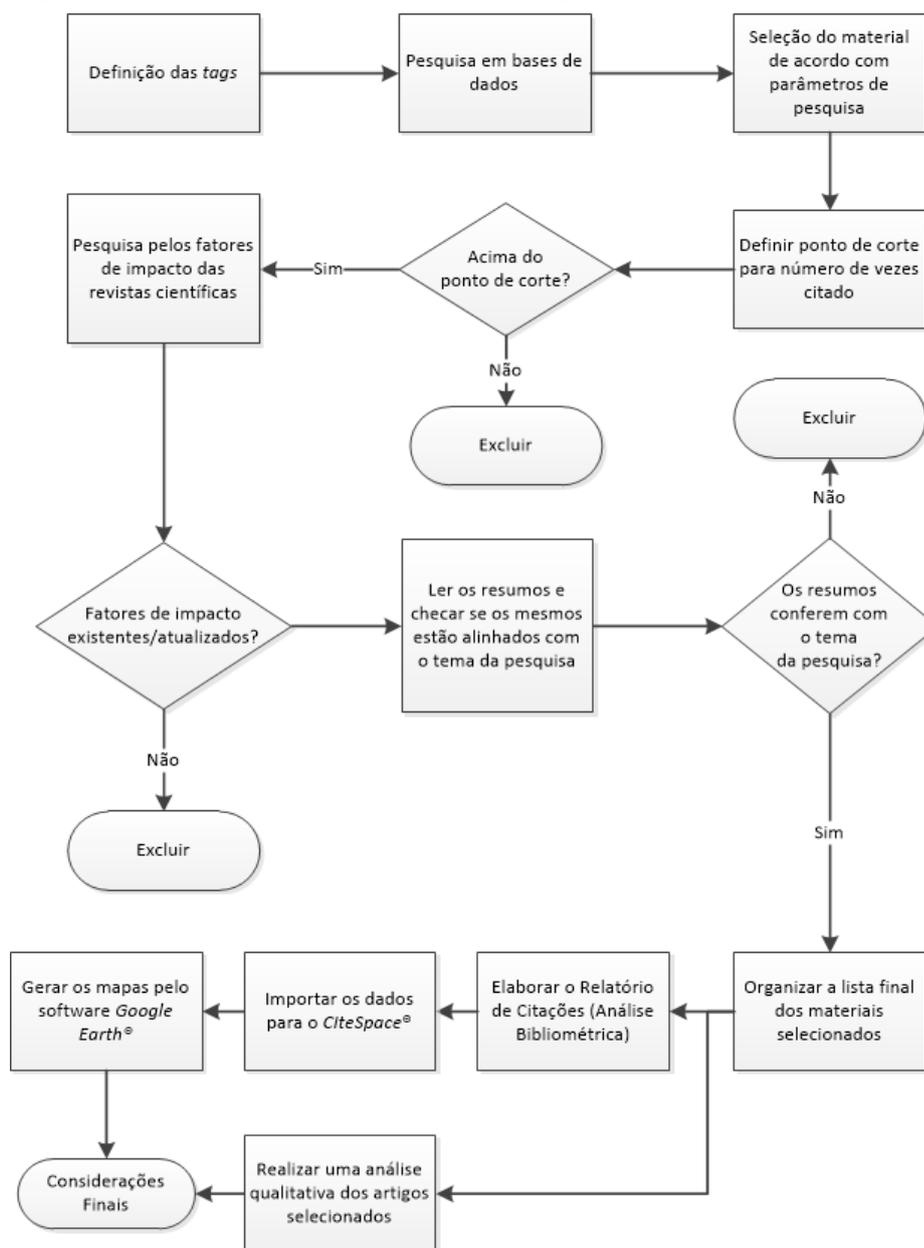
Assim, este artigo visa conceituar como a estruvita é produzida, assim como a gama de estudos que foram produzidos nessa área, utilizando ferramentas de pesquisa acadêmica, e softwares de manipulação e interpretação de dados. O objetivo baseia-se no mapeamento da atividade científica com base na temática “tratamento de águas residuais para a produção de estruvita”, usando todo o período de abrangência disponível na plataforma *Web of Science – WoS*, e utilização do *software CiteSpace*[®] para o melhor entendimento de padrões, ligações e informações do portfólio gerado de trabalhos científicos.

2. Metodologia aplicada

Compreende-se que a metodologia visa enquadrar o trabalho científico de forma a lhe dar a sustentação metodológica, possibilitando aos leitores uma contextualização a respeito da perspectiva com a qual a pesquisa teve seu desenvolvimento (Lacerda, 2012).

Assim, a presente pesquisa baseia-se em um estudo exploratório-descritivo, de forma a proporcionar uma familiaridade com o problema, buscando torná-lo explícito, por meio de técnicas padronizadas de levantamento e tratamento de dados (Souza, 2013). Sendo definidas etapas para sua correta realização (Figura 1). O desdobramento e aplicação metodológica do fluxograma será abordado com maior abrangência nas seções seguintes.

Figura 1 – Fluxograma do processo de seleção, mapeamento e discussão de materiais.



Fonte: Elaborado pelos autores.

2.1. Definição de tags e pesquisa em base de dados

A pesquisa bibliométrica do tema de tratamento de águas residuais para a produção de estruvita teve seu início com a escolha da base de dados que delimita a amostra de artigos a serem considerados durante o restante do processo. Foi adotada como base de dados a plataforma *Web of Science*, por possuir abrangência e ter periódicos de notoriedade no ambiente acadêmico.

Além disso, foi observado que, por possuir um banco de dados extenso, sua

aplicabilidade para o tema proposto mostra-se viável, uma vez que sua especificidade pode resultar em um número muito limitado de materiais para análise bibliométrica. Devido a essa particularidade, foi selecionado todo o período disponível pela base de dados (de 1945 até 2017).

Com a definição da base de dados, determinou-se as palavras-chave (*tags*), que são os tópicos que determinam o foco ao qual a pesquisa é feita. Tendo em vista que o tema principal é “Tratamento de águas residuais para produção de estruvita”, as palavras-chave foram decididas como “*wastewater treatment for struvite production*”, “*treatment of struvite*”, “*production of struvite*” e “*struvite*”. Foi observado que, com um tema de tal especificidade, a pesquisa não renderia resultados significativos caso a palavra-chave fosse unicamente o próprio tema de pesquisa.

Com a definição da base de dados, das palavras-chave e critérios iniciais de pesquisa, deu-se início ao processo de seleção dos materiais que comporão o portfólio para a construção de referenciais teóricos e resultados a seguir.

3. Resultados e Discussão

3.1. Seleção de materiais para composição do portfólio

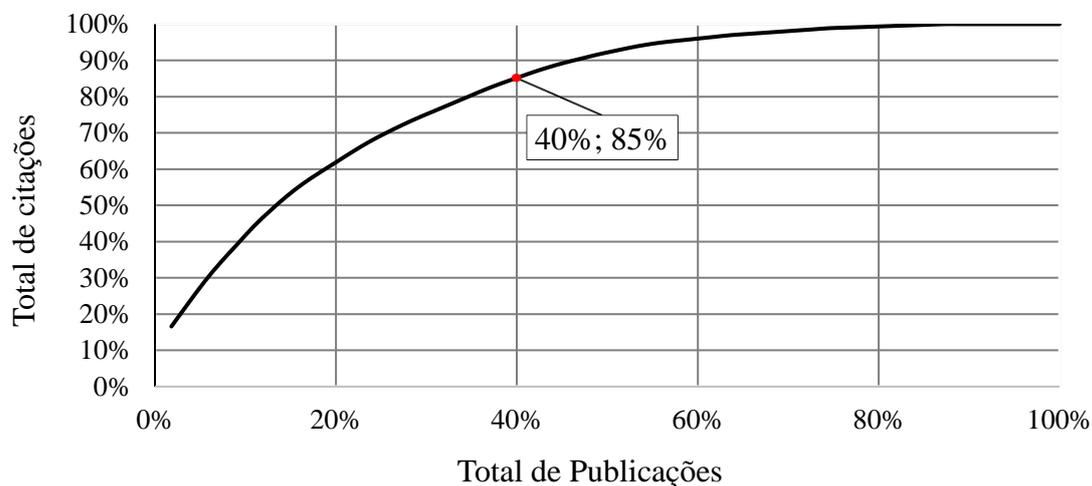
Com o uso das palavras-chave definidas e com abrangência máxima de tempo de publicação, a busca na base de dados *Web of Science* retornou um total de 57 publicações, que iniciavam a datar a partir do ano de 2003, estendendo-se até 2017.

Inicialmente, foi feita uma seleção, dentro do próprio sistema da base de dados *Web of Science*, apenas por artigos científicos. Com isso, apenas 2 referências foram retiradas por não estarem no formato de artigo, restando 55 materiais. Os mesmos foram exportados para uma planilha do *Microsoft Excel*, para a realização dos demais processos de seleção. Com isso, a partir dos dados oriundos da planilha, foi possível a obtenção, de uma maneira mais unificada, dos artigos selecionados e informações sobre os mesmos.

De posse dessas informações, foi possível o estabelecimento de um novo critério de seleção, de acordo com o método adotado por Lacerda (2012), baseado em um valor de corte para os artigos mais citados. Os artigos foram ordenados de forma decrescente em relação ao número de citações, com valor de corte representando a seleção das referências mais citadas, até que suas citações representem um valor próximo de 85% de todas as citações obtidas pelos

55 artigos analisados (Figura 2).

Figura 2 – Curva de dispersão de citações por artigo.



Fonte: Elaborado pelos autores. Pela soma de todas as citações dos 55 artigos analisados, obtêm-se um total de 627 citações. Dessa forma, os artigos que foram citados 10 vezes ou mais, representaram 85% de todas as 627 referências analisadas. Assim, com a definição deste valor de corte, foram selecionados 22 artigos (representando 40% do total de artigos) pelo número de citações.

Tendo posse dos 22 artigos, recorreu-se a um novo método que se baseia na consulta dos fatores de impacto das revistas científicas nas quais os artigos foram publicados, por meio da plataforma JCR (Journal Citation Report). Este fator de impacto mostra-se importante para mensurar a relevância de periódicos, conforme apontado por Strehl (2005). Este processo teve como objetivo excluir do portfólio os artigos cujas revistas não possuíssem fator de impacto, ou se o mesmo se encontrasse desatualizado. 1 artigo foi excluído por não ter seu fator de impacto encontrado na plataforma.

Uma vez selecionados os artigos de revistas relevantes, os mesmos foram analisados quanto ao alinhamento de seu resumo ao foco da pesquisa em questão. Assim, mais 1 artigo foi excluído, por não abordar o uso de estrutura diretamente em sua pesquisa.

Após as etapas anteriores de seleção, restaram 20 artigos que atendiam todos os critérios definidos, dando destaque ao alinhamento com o tema da pesquisa, e à relevância no que tange o volume de citações. Esses 20 artigos compõem o portfólio de referencial teórico sobre

tratamento de águas residuais para a produção de estruvita (Tabela 1).

Tabela 1 – Lista dos artigos selecionados para o portfólio.

ETTER, B. et al. Low-cost struvite production using source-separated urine in Nepal. **Water Research**, [s.l.], v. 45, n. 2, p.852-862, jan. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2010.10.007>.

ZHANG, Tianxi et al. Releasing Phosphorus from Calcium for Struvite Fertilizer Production from Anaerobically Digested Dairy Effluent. **Water Environment Research**, [s.l.], v. 82, n. 1, p.34-42, 1 jan. 2010. Water Environment Federation. <http://dx.doi.org/10.2175/106143009x425924>.

JIN, Ying; HU, Zhenhu; WEN, Zhiyou. Enhancing anaerobic digestibility and phosphorus recovery of dairy manure through microwave-based thermochemical pretreatment. **Water Research**, [s.l.], v. 43, n. 14, p.3493-3502, ago. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2009.05.017>.

MASSEY, Michael S. et al. Effectiveness of Recovered Magnesium Phosphates as Fertilizers in Neutral and Slightly Alkaline Soils. **Agronomy Journal**, [s.l.], v. 101, n. 2, p.323-329, 2009. American Society of Agronomy. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2008.0144>.

ZANG, Guo-long et al. Nutrient removal and energy production in a urine treatment process using magnesium ammonium phosphate precipitation and a microbial fuel cell technique. **Physical Chemistry Chemical Physics**, [s.l.], v. 14, n. 6, p.1978-1984, 2012. Royal Society of Chemistry (RSC). <http://dx.doi.org/10.1039/c2cp23402e>.

QUINTANA, M. et al. Removal of phosphorus through struvite precipitation using a by-product of magnesium oxide production (BMP): Effect of the mode of BMP preparation. **Chemical Engineering Journal**, [s.l.], v. 136, n. 2-3, p.204-209, mar. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2007.04.002>.

CORRE, K. S. Le et al. Impact of Reactor Operation on Success of Struvite Precipitation from Synthetic Liquors. **Environmental Technology**, [s.l.], v. 28, n. 11, p.1245-1256, nov. 2007. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09593332808618885>.

GERARDO, M.I.; ZACHAROF, M.p.; LOVITT, R.w.. Strategies for the recovery of nutrients and metals from anaerobically digested dairy farm sludge using cross-flow microfiltration. **Water Research**, [s.l.], v. 47, n. 14, p.4833-4842, set. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2013.04.019>.

YANG, Xue et al. Continuous volatile fatty acid production from waste activated sludge hydrolyzed at pH 12. **Bioresource Technology**, [s.l.], v. 168, p.173-179, set. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2014.02.066>.

CORRE, K. S. Le et al. Kinetics of Struvite Precipitation: Effect of the Magnesium Dose on Induction Times and Precipitation Rates. **Environmental Technology**, [s.l.], v. 28, n. 12, p.1317-1324, dez. 2007. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09593332808618891>.

TAKIGUCHI, Noboru et al. A laboratory-scale test of anaerobic digestion and methane production after phosphorus recovery from waste activated sludge. **Journal Of Bioscience And Bioengineering**, [s.l.], v. 97, n. 6, p.365-368, jan. 2004. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1389-1723\(04\)70219-4](http://dx.doi.org/10.1016/s1389-1723(04)70219-4).

BRADFORD-HARTKE, Zenah; LANT, Paul; LESLIE, Gregory. Phosphorus recovery from centralised municipal water recycling plants. **Chemical Engineering Research And Design**, [s.l.], v. 90, n. 1, p.78-85, jan. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cherd.2011.08.006>.

SICILIANO, A.; ROSA, S. de. Recovery of ammonia in digestates of calf manure through a struvite precipitation process using unconventional reagents. **Environmental Technology**, [s.l.], v. 35, n. 7, p.841-850, 5 nov. 2013. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09593330.2013.853088>.

MONTALVO, Silvio J. et al. Nitrogen and phosphorus removal using a novel integrated system of natural zeolite and lime. **Journal Of Environmental Science And Health, Part A**, [s.l.], v. 46, n. 12, p.1385-1391, out. 2011. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10934529.2011.606709>.

FATTAH, K. P. et al. Reducing operating costs for struvite formation with a carbon dioxide stripper. **Water Science & Technology**, [s.l.], v. 58, n. 4, p.957-962, set. 2008. IWA Publishing. <http://dx.doi.org/10.2166/wst.2008.722>.

ISHII, Stephanie K.I.; BOYER, Treavor H.. Life cycle comparison of centralized wastewater treatment and urine source separation with struvite precipitation: Focus on urine nutrient management. **Water Research**, [s.l.], v. 79, p.88-103, ago. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2015.04.010>.

IACONI, Claudio di et al. Effective treatment of stabilized municipal landfill leachates. **Chemical Engineering Journal**, [s.l.], v. 168, n. 3, p.1085-1092, abr. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2011.01.089>.

GRAAFF, M. S. de et al. Energy and phosphorus recovery from black water. **Water Science & Technology**, [s.l.], v. 63, n. 11, p.2759-2765, jun. 2011. IWA Publishing. <http://dx.doi.org/10.2166/wst.2011.558>.

GALBRAITH, S.c.; SCHNEIDER, P.a.; FLOOD, A.e.. Model-driven experimental evaluation of struvite nucleation, growth and aggregation kinetics. **Water Research**, [s.l.], v. 56, p.122-132, jun. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2014.03.002>.

YOU, Jiseon et al. Electricity generation and struvite recovery from human urine using microbial fuel cells. **Journal Of Chemical Technology & Biotechnology**, [s.l.], v. 91, n. 3, p.647-654, 21 jan. 2015. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1002/jctb.4617>.

Adaptado de: *Web of Science*.

3.2. Análise Bibliométrica

A análise bibliométrica do portfólio de artigos selecionados para composição de referencial teórico sob o tema proposto tem sua divisão em duas partes:

- Relatório de Citações, abrangendo uma análise sobre os dados relativos aos artigos selecionados (autores, periódicos, anos de publicação, países);
- Análise qualitativa dos artigos selecionados, ressaltando a importância desse ramo de estudo, assim como projeções para o futuro.

3.2.1. Relatório de Citações

Para este tópico, são levados em questão vários aspectos sobre os artigos selecionados, que serão apresentados e analisados no decorrer desta seção.

Visando criar uma classificação em termos de relevância acadêmica, os artigos foram dispostos em uma tabela, seguindo uma ordem decrescente de citações com base nos relatórios gerados pela base de dados *Web of Science*, também listando o ano de publicação e seus respectivos periódicos (Tabela 2).

Tabela 2 – Relação dos artigos com número de citações.

TÍTULO	TÍTULO DA FONTE	ANO DA PUBLICAÇÃO	TOTAL DE CITAÇÕES
<i>LOW-COST STRUVITE PRODUCTION USING SOURCE-SEPARATED URINE IN NEPAL</i>	<i>Water Research</i>	2011	115
<i>ENHANCING ANAEROBIC DIGESTIBILITY AND PHOSPHORUS RECOVERY OF DAIRY MANURE THROUGH MICROWAVE-BASED THERMOCHEMICAL PRETREATMENT</i>	<i>Water Research</i>	2009	43
<i>RELEASING PHOSPHORUS FROM CALCIUM FOR STRUVITE FERTILIZER PRODUCTION FROM</i>	<i>Water Environment Research</i>	2010	40

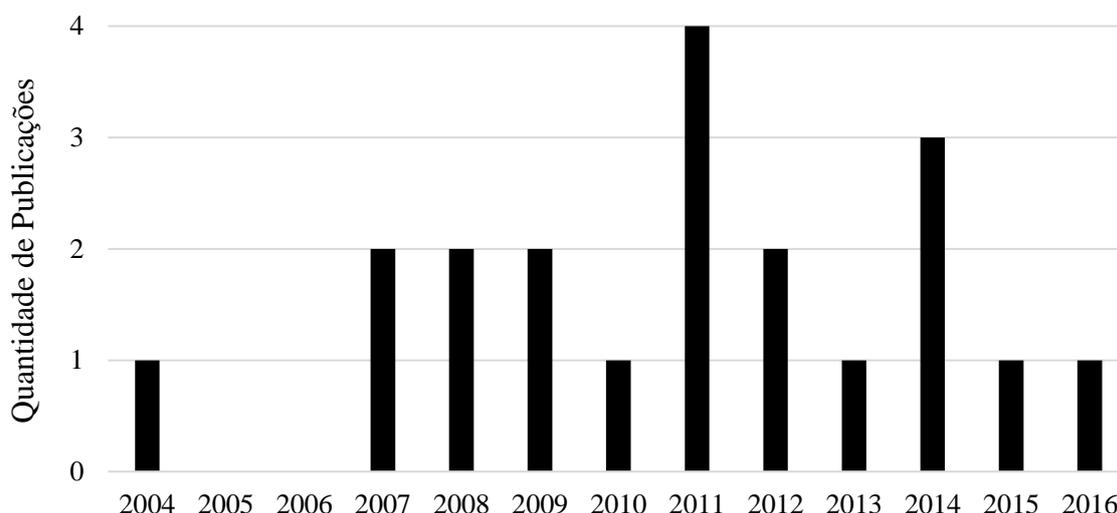
ANAEROBICALLY DIGESTED DAIRY EFFLUENT			
NUTRIENT REMOVAL AND ENERGY PRODUCTION IN A URINE TREATMENT PROCESS USING MAGNESIUM AMMONIUM PHOSPHATE PRECIPITATION AND A MICROBIAL FUEL CELL TECHNIQUE	<i>Physical Chemistry Chemical Physics</i>	2012	35
REMOVAL OF PHOSPHORUS THROUGH STRUVITE PRECIPITATION USING A BY-PRODUCT OF MAGNESIUM OXIDE PRODUCTION (BMP): EFFECT OF THE MODE OF BMP PREPARATION	<i>Chemical Engineering Journal</i>	2008	38
EFFECTIVENESS OF RECOVERED MAGNESIUM PHOSPHATES AS FERTILIZERS IN NEUTRAL AND SLIGHTLY ALKALINE SOILS	<i>Agronomy Journal</i>	2009	35
IMPACT OF REACTOR OPERATION ON SUCCESS OF STRUVITE PRECIPITATION FROM SYNTHETIC LIQUORS	<i>Environmental Technology</i>	2007	26
STRATEGIES FOR THE RECOVERY OF NUTRIENTS AND METALS FROM ANAEROBICALLY DIGESTED DAIRY FARM SLUDGE USING CROSS-FLOW MICROFILTRATION	<i>Water Research</i>	2013	23
A LABORATORY-SCALE TEST OF ANAEROBIC DIGESTION AND METHANE PRODUCTION AFTER PHOSPHORUS RECOVERY FROM WASTE ACTIVATED SLUDGE	<i>Journal of Bioscience and Bioengineering</i>	2004	21
CONTINUOUS VOLATILE FATTY ACID PRODUCTION FROM WASTE ACTIVATED SLUDGE HYDROLYZED AT PH 12	<i>Bioresource Technology</i>	2014	20

RECOVERY OF AMMONIA IN DIGESTATES OF CALF MANURE THROUGH A STRUVITE PRECIPITATION PROCESS USING UNCONVENTIONAL REAGENTS	<i>Environmental Technology</i>	2014	21
PHOSPHORUS RECOVERY FROM CENTRALISED MUNICIPAL WATER RECYCLING PLANTS	<i>Chemical Engineering Research & Design</i>	2012	18
KINETICS OF STRUVITE PRECIPITATION: EFFECT OF THE MAGNESIUM DOSE ON INDUCTION TIMES AND PRECIPITATION RATES	<i>Environmental Technology</i>	2007	18
LIFE CYCLE COMPARISON OF CENTRALIZED WASTEWATER TREATMENT AND URINE SOURCE SEPARATION WITH STRUVITE PRECIPITATION: FOCUS ON URINE NUTRIENT MANAGEMENT	<i>Water Research</i>	2015	18
NITROGEN AND PHOSPHORUS REMOVAL USING A NOVEL INTEGRATED SYSTEM OF NATURAL ZEOLITE AND LIME	<i>Journal of Environmental Science and Health Part A - Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering</i>	2011	15
REDUCING OPERATING COSTS FOR STRUVITE FORMATION WITH A CARBON DIOXIDE STRIPPER	<i>Water Science and Technology</i>	2008	16
MODEL-DRIVEN EXPERIMENTAL EVALUATION OF STRUVITE NUCLEATION, GROWTH AND AGGREGATION KINETICS	<i>Water Research</i>	2014	12
ENERGY AND PHOSPHORUS RECOVERY FROM BLACK WATER	<i>Water Science and Technology</i>	2011	13
EFFECTIVE TREATMENT OF STABILIZED MUNICIPAL LANDFILL LEACHATES	<i>Chemical Engineering Journal</i>	2011	12

Adaptado de: *Web of Science*.

Os dados presentes na tabela mostram que, somados, os artigos dispõem de um total de 549 citações, resultando em uma média de 27,45 citações por artigo, datados dos anos de 2004 até 2017. Quando observada a relevância acadêmica dos artigos, temos que as publicações se classificam como recentes, porém demonstram um crescimento ao longo dos últimos anos, fato que indica o potencial de seus estudos para a construção de conhecimento na comunidade acadêmica (Figura 3).

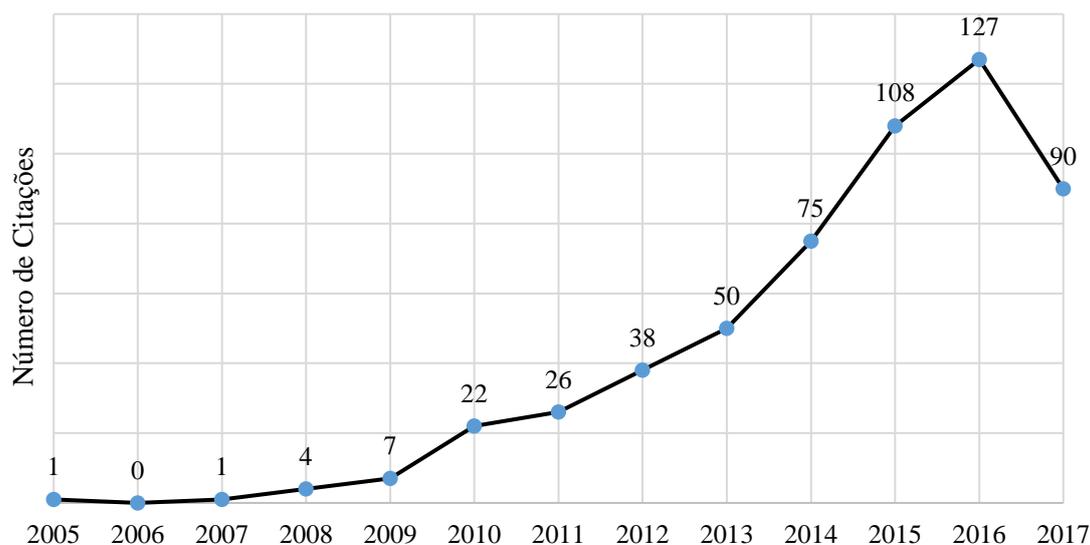
Figura 3 – Quantidade de publicações por ano.



Adaptado de: *Web of Science*.

Ao analisar o gráfico, pode-se notar uma falta de uniformidade quanto ao crescimento do número de publicações, porém é necessário que se leve em consideração que essa não conformidade também tem como causa uma amostra pequena de artigos. Por isso, é pertinente considerar, além do número de publicações, os dados sobre a número de vezes em que estes artigos foram citados, no decorrer dos anos a partir de suas publicações (Figura 4).

Figura 4 – Número de citações por ano.

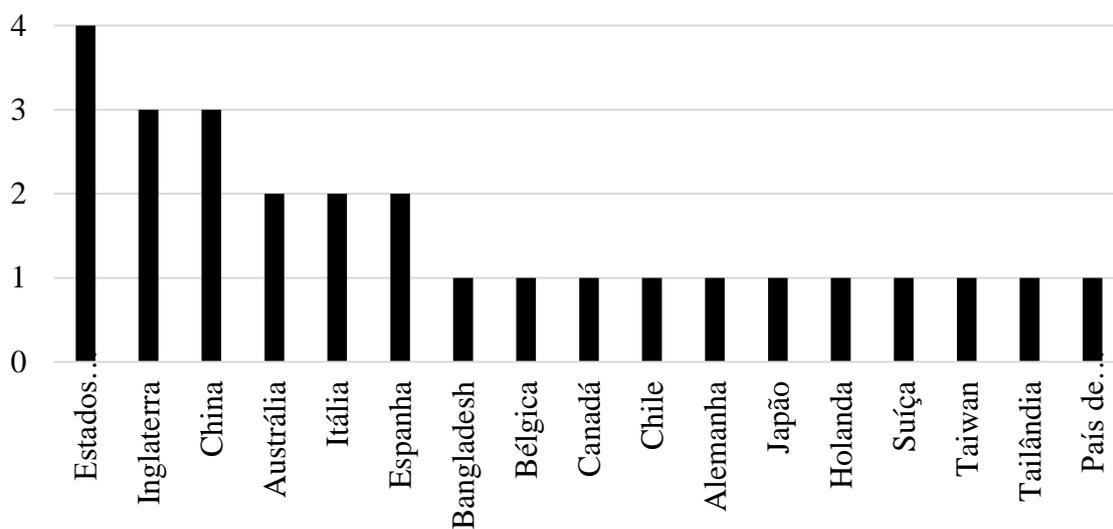


Adaptado de: *Web of Science*.

Com base no que a Figura 4, observa-se o crescimento no número de citações por parte dos artigos selecionados para o portfólio, podendo ser notado com mais clareza a partir do ano de 2010, decrescendo apenas no ano de 2017. Esse comportamento tende a ser explicado, inicialmente, por se tratar de um assunto que não teve importância amplamente divulgada, sendo um possível fator para seu crescimento nos anos seguintes.

Analisando os artigos por outro parâmetro, pode-se constatar a pluralidade de países que realizam pesquisas a respeito de estruvita no âmbito de tratamento de águas (Figura 5).

Figura 5 – Relação de países dos autores das publicações.

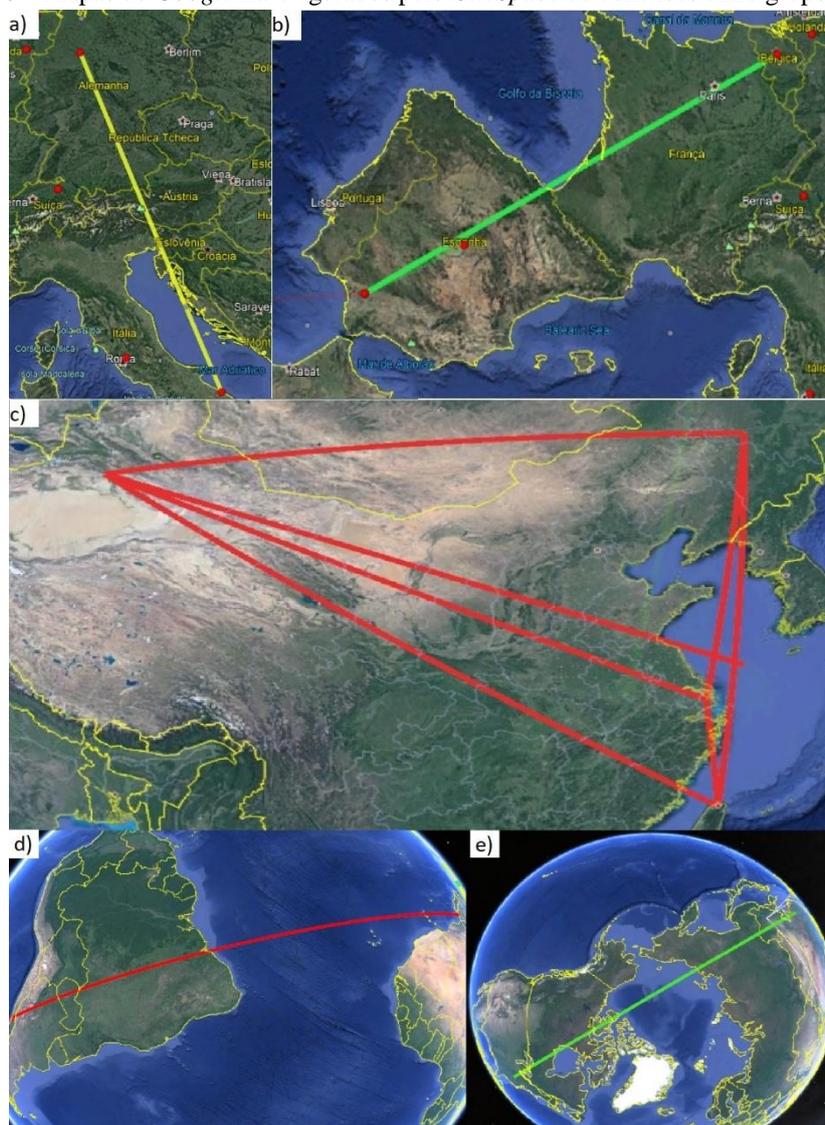


Adaptado de: *Web of Science*.

Temos os Estados Unidos como líder em termos de publicações neste tema, fato justificado por ser um país pioneiro em pesquisas científicas, mantendo-se como uma potência nas mesmas. Também é importante destacar a participação da China em pesquisas científicas, fato corroborado por Jabbour (2008) ao mostrar que a China se mostra voltada a grandes investimentos em Ciência e Tecnologia, em resposta à iminência de problemas gerados pela escassez de recursos energéticos e degradação do meio ambiente.

Já quando se considera a existência de um relacionamento entre autores e coautores, em diferentes regiões e continentes no mundo, um fator que facilita esse relacionamento é o fato de todos os artigos estarem escritos no idioma inglês. A partir disso, foi usado o software *CiteSpace* para a projeção dessas parcerias entre grupos de pesquisa, com intermédio do software *Google Earth* (Figura 6).

Figura 6 – Mapas do *Google Earth* gerados pelo *CiteSpace* de conexões entre grupos de pesquisa.

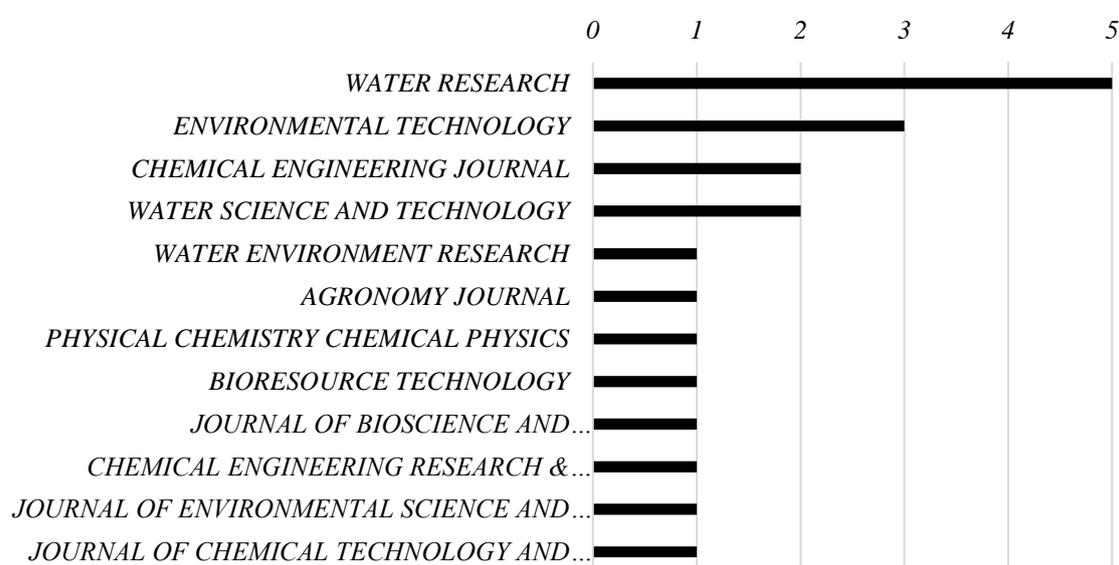


Fonte: *Google Earth* e *CiteSpace*.

Destacam-se as figuras 6a e 6b, que representam as conexões entre grupos de pesquisa na Europa, sendo eles, respectivamente, Alemanha e Itália e Espanha e Bélgica. A parte 6c representa as parcerias na Ásia, entre grupos de pesquisa na China e em Taiwan. A parte 6d e 6e representam os relacionamentos intercontinentais entre grupos de pesquisa, representados por Espanha e Chile (6d), e Estados Unidos e China (6e).

Continuando, em um trabalho científico, uma forma de avaliar sua relevância em termos acadêmicos é a análise do periódico ao qual o trabalho se encontra. O tema proposto neste trabalho possui artigos publicados nas mais diversas revistas científicas, com distintas avaliações, e diferentes temas de pesquisa (Figura 7).

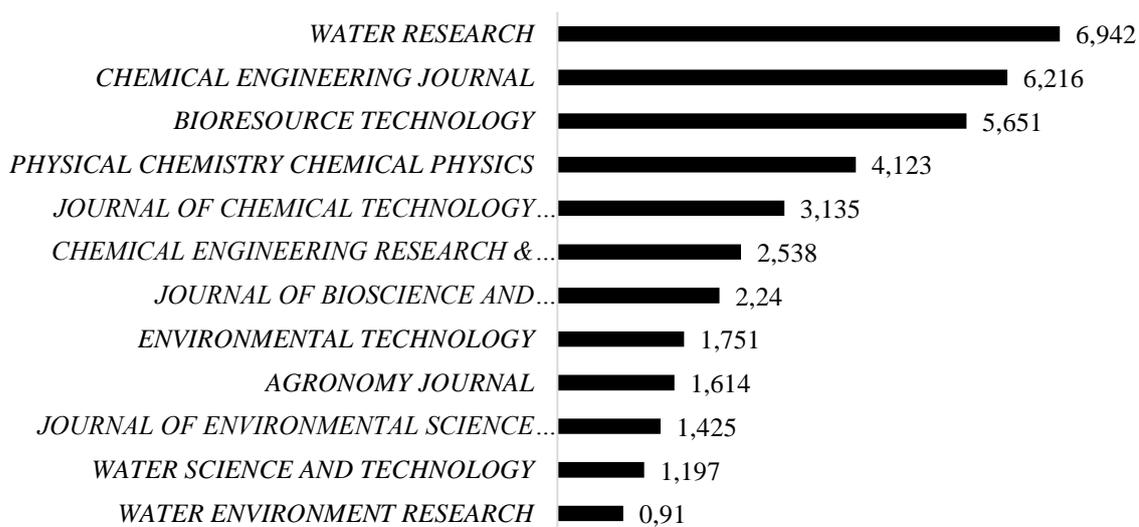
Figura 7 – Apresentação dos periódicos com sua respectiva quantidade de artigos publicados, dentre os artigos selecionados para o portfólio.



Adaptado de: *Web of Science*.

Observa-se no gráfico acima que grande parte das revistas possuem um título voltado a recursos hídricos, ou bens naturais, tema que recebe muito enfoque dentro dos artigos selecionados. Destaca-se o periódico que possui o maior número de publicações voltados ao tema desta pesquisa, a revista *Water Research*, com 5 publicações, que, dentro dos registros da base de dados *Web of Science*, também conta com o maior fator de impacto dentre as revistas analisadas (Figura 8).

Figura 8 – Fatores de impacto dos periódicos.

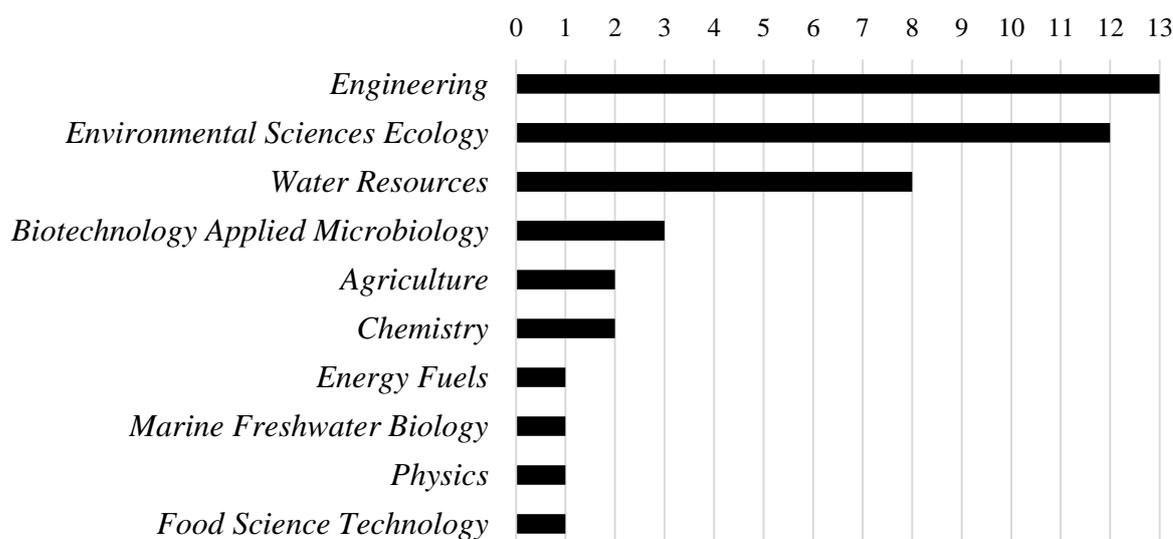


Adaptado de: *Journal Citation Report – Web of Science*.

O Fator de Impacto é de suma importância para indicar a relevância de um periódico quanto às suas publicações. De acordo com Vanti (2002), este indicador serve para medir e comparar a atratividade e influência que possam alcançar distintos espaços na Web. Vanti (2002) também relata que este também permite que se evidencie o grau de reconhecimento relativo que ostentam os países ou sites de pesquisa em um determinado período. Com isso, pode-se entender que, com fatores de impacto inicialmente atualizados, e com notas significativas, revistas científicas conseguem maior destaque com suas publicações dentro da comunidade acadêmica, dando destaque às revistas *Water Research*, *Chemical Engineering Journal*, e *Bioresource Technology*, com os fatores de impacto que mais se sobressaem dentre os demais, representando maior relevância acadêmica para suas publicações.

Revistas científicas, além de ser um fator determinante para indicar notoriedade de um estudo, também pode indicar o foco de pesquisa ao qual suas publicações são direcionadas. Com isso, torna-se mais dinâmica a busca por um artigo quando se pesquisa em uma revista. Sendo assim, foram analisadas as áreas de pesquisa às quais os artigos se encaixam, tornando possível determinar um foco para os quais as pesquisas estão sendo conduzidas (Figura 9).

Figura 9 – Apresentação das áreas de pesquisa a qual cada artigo é voltado, de acordo com a base de dados *Web of Science*.



Adaptado de: *Web of Science*.

As áreas de pesquisa são distintas, e deve-se salientar que uma pesquisa pode estar alocada em diversas áreas distintas, podendo ter foco em mais de uma subcategoria.

O gráfico mostra que o tema “Tratamento de águas residuais para produção de estruvita” tem filiações em diversas áreas de pesquisa. A que mais se destaca é “*Engineering*” (engenharia) e “*Environmental Sciences Technology*” (Tecnologia das Ciências Ambientais), abrangendo mais da metade dos artigos selecionados para o portfólio. Isso se deve ao fato de se tratar de um tema que abrange a busca por soluções para a produção de estruvita.

De acordo com Bouropoulos e Koutsoukos (2000), a produção de estruvita oferece a oportunidade de obtenção de um produto viável economicamente, assim como possui disponibilidade biológica para plantas. Com isso, existe uma mescla entre a vertente de engenharia, na busca por otimização de processos, enquanto há a vertente voltada às ciências ambientais, para que haja um resultado também ecologicamente sustentável.

Em busca de um melhor entendimento quanto às aplicações feitas em cada um dos estudos selecionado, foi feita uma leitura dos resumos de todos os artigos, de modo que fossem separados de acordo com o tipo de vertente ao qual cada pesquisa estaria sendo conduzida (Tabela 3 e 4).

Tabela 3 – Artigos voltados para fins ambientais.

GRUPO 1		
TÍTULO	Autores	Ano de Publicação
<i>LOW-COST STRUVITE PRODUCTION USING SOURCE-SEPARATED URINE IN NEPAL</i>	Etter, B.; Tilley, E.; Khadka, R.; Udert, K. M.	2011
<i>RELEASING PHOSPHORUS FROM CALCIUM FOR STRUVITE FERTILIZER PRODUCTION FROM ANAEROBICALLY DIGESTED DAIRY EFFLUENT</i>	Zhang, Tianxi; Bowers, Keith E.; Harrison, Joseph H.; Chen, Shulin	2010
<i>EFFECTIVENESS OF RECOVERED MAGNESIUM PHOSPHATES AS FERTILIZERS IN NEUTRAL AND SLIGHTLY ALKALINE SOILS</i>	Massey, Michael S.; Davis, Jessica G.; Ippolito, James A.; Sheffield, Ronald E.	2009
<i>NUTRIENT REMOVAL AND ENERGY PRODUCTION IN A URINE TREATMENT PROCESS USING MAGNESIUM AMMONIUM PHOSPHATE PRECIPITATION AND A MICROBIAL FUEL CELL TECHNIQUE</i>	Zang, Guo-Long; Sheng, Guo-Ping; Li, Wen-Wei; Tong, Zhong-Hua; Zeng, Raymond J.; Shi, Chen; Yu, Han-Qing	2012
<i>STRATEGIES FOR THE RECOVERY OF NUTRIENTS AND METALS FROM ANAEROBICALLY DIGESTED DAIRY FARM SLUDGE USING CROSS-FLOW MICROFILTRATION</i>	Gerardo, M. L.; Zacharof, M. P.; Lovitt, R. W.	2013
<i>A LABORATORY-SCALE TEST OF ANAEROBIC DIGESTION AND METHANE PRODUCTION AFTER PHOSPHORUS RECOVERY FROM WASTE ACTIVATED SLUDGE</i>	Takiguchi, N; Kishino, M; Kuroda, A; Kato, J; Ohtake, H	2004
<i>PHOSPHORUS RECOVERY FROM CENTRALISED MUNICIPAL WATER RECYCLING PLANTS</i>	Bradford-Hartke, Zenah; Lant, Paul; Leslie, Gregory	2012

<i>NITROGEN AND PHOSPHORUS REMOVAL USING A NOVEL INTEGRATED SYSTEM OF NATURAL ZEOLITE AND LIME</i>	Montalvo, Silvio J.; Guerrero, Lorna E.; Milan, Zhenia; Borja, Rafael	2011
<i>REDUCING OPERATING COSTS FOR STRUVITE FORMATION WITH A CARBON DIOXIDE STRIPPER</i>	Fattah, K. P.; Sabrina, N.; Mavinic, D. S.; Koch, F. A.	2008
<i>LIFE CYCLE COMPARISON OF CENTRALIZED WASTEWATER TREATMENT AND URINE SOURCE SEPARATION WITH STRUVITE PRECIPITATION: FOCUS ON URINE NUTRIENT MANAGEMENT</i>	Ishii, Stephanie K. L.; Boyer, Treavor H.	2015
<i>EFFECTIVE TREATMENT OF STABILIZED MUNICIPAL LANDFILL LEACHATES</i>	Di Iaconi, Claudio; Rossetti, Simona; Lopez, Antonio; Ried, Achim	2011
<i>ENERGY AND PHOSPHORUS RECOVERY FROM BLACK WATER</i>	de Graaff, M. S.; Temmink, H.; Zeeman, G.; Buisman, C. J. N.	2011
<i>ELECTRICITY GENERATION AND STRUVITE RECOVERY FROM HUMAN URINE USING MICROBIAL FUEL CELLS</i>	You, Jiseon; Greenman, John; Melhuish, Chris; Ieropoulos, Ioannis	2016

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 4 – Artigos voltados a fins laboratoriais.

GRUPO 2

TÍTULO	Autores	Ano de Publicação
<i>ENHANCING ANAEROBIC DIGESTIBILITY AND PHOSPHORUS RECOVERY OF DAIRY MANURE THROUGH MICROWAVE-BASED THERMOCHEMICAL PRETREATMENT</i>	Jin, Ying; Hu, Zhenhu; Wen, Zhiyou	2009

<i>REMOVAL OF PHOSPHORUS THROUGH STRUVITE PRECIPITATION USING A BY-PRODUCT OF MAGNESIUM OXIDE PRODUCTION (BMP): EFFECT OF THE MODE OF BMP PREPARATION</i>	Quintana, M.; Colmenarejo, M. F.; Barrera, J.; Sanchez, E.; Garcia, G.; Travieso, L.; Borja, R.	2008
<i>IMPACT OF REACTOR OPERATION ON SUCCESS OF STRUVITE PRECIPITATION FROM SYNTHETIC LIQUORS</i>	Le Corre, K. S.; Valsami-Jones, E.; Hobbs, P.; Parsons, S. A.	2007
<i>CONTINUOUS VOLATILE FATTY ACID PRODUCTION FROM WASTE ACTIVATED SLUDGE HYDROLYZED AT PH 12</i>	Yang, Xue; Wan, Chunli; Lee, Duu-Jong; Du, Maoan; Pan, Xiangliang; Wan, Fang	2014
<i>KINETICS OF STRUVITE PRECIPITATION: EFFECT OF THE MAGNESIUM DOSE ON INDUCTION TIMES AND PRECIPITATION RATES</i>	Le Corre, K. S.; Valsami-Jones, E.; Hobbs, P.; Parsons, S. A.	2007
<i>RECOVERY OF AMMONIA IN DIGESTATES OF CALF MANURE THROUGH A STRUVITE PRECIPITATION PROCESS USING UNCONVENTIONAL REAGENTS</i>	Siciliano, A.; De Rosa, S.	2014
<i>MODEL-DRIVEN EXPERIMENTAL EVALUATION OF STRUVITE NUCLEATION, GROWTH AND AGGREGATION KINETICS</i>	Galbraith, S. C.; Schneider, P. A.; Flood, A. E.	2014

Fonte: Elaborado pelos autores.

As tabelas 3 e 4 nos apresentam, respectivamente, a disposição dos artigos, separados da seguinte forma:

- Grupo 1: Artigos voltados a estudos ambientais, com foco em soluções sustentáveis nos objetivos propostos, com o uso de casos reais para sua aplicação;
- Grupo 2: Artigos voltados a estudos laboratoriais, com o foco em testes e ensaios de experimentos químicos, e obtenção de resultados direcionados a otimização e pureza de substâncias em processos químicos.

A separação dos artigos em dois grupos apenas reforça a ideia de que o estudo deste tema possui vertentes que são amplamente abordadas em diversos fatores, tendo um enfoque em soluções que satisfazem as áreas de engenharia, e estudos ambientais.

3.2.2. Análise Qualitativa do portfólio

Esta seção apresenta uma pequena síntese sobre as conclusões e perspectivas dos autores dos artigos sobre o tema, com base em suas sugestões e afirmações. Foram levados em consideração apenas os artigos que explicaram de forma sucinta as expectativas para o uso de suas metodologias no futuro, levando em conta seus riscos e ponderações. Com isso, dentre os 20 artigos selecionados para o portfólio, apenas 7 apresentaram alguma forma de considerações sobre pesquisas futuras dentro do tema. Dentre os principais tópicos pontuados pelos autores, está o destaque à importância da aplicação de suas metodologias em busca de resultados otimizados, financeira e ambientalmente.

Etter et al. (2011), Iaconi et al. (2011) e Fattah et al. (2008) afirmam que, apesar de se tratar uma alternativa considerada inovadora tecnológica e ambientalmente, muito se deve ser analisado, para que tecnologias futuras possam ser aplicadas de modo mais eficaz nesta situação, promovendo assim, soluções com redução de custos.

Massey et al. (2009) aponta a importância do enfoque em estudos voltados ao uso de estruvíta, visto que possui pouca visibilidade, porém apresenta grande potencial de gerador de resultados satisfatórios.

Também, Yang et al. (2014) reforça a importância da continuação do estudo dessa técnica por se tratar de uma prática ecologicamente sustentável.

Já Takiguchi et al. (2004) e Siciliano e Rosa (2013) explicam, em seus estudos, que o enfoque a pesquisas voltadas a este tema são visadas no futuro, ponderando que resultados futuros exigirão maiores investimentos e aplicações em larga escala.

Tendo como base as ponderações coletadas nos artigos, foi possível elaborar uma coletânea de informações pertinentes, de modo a avaliar os pontos positivos e negativos para a continuação de pesquisas focadas no tema proposto. Esta coletânea foi colocada na forma de uma Matriz SWOT (Tabela 5).

Tabela 5 - Matriz SWOT elaborada com base nas observações coletadas pelos artigos.

Positivo	Negativo
Forças	Fraquezas
- Fonte sustentável; - Possibilidade de ganhos financeiros; - Biologicamente viável para plantas;	- Custo elevado quando utilizado em pequena escala; - Pouca notoriedade industrial e científica; - Carência de tecnologia que viabilize o processo;
Oportunidades	Ameaças
- Possibilidade de aproveitamento de águas residuais; - Viabilização econômica ao agregar valor a um processo de descarte;	- Carência de estudos em escala industrial; - Processo demanda tempo, perdendo vantagem competitiva para os demais.

Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com Lima et al. (2018), na matriz SWOT, as forças são fatores internos positivos, como vantagens; por outro lado, as fraquezas são condições internas desfavoráveis, trazendo limitações e desvantagens. Lima (2018) ainda destaca que os fatores externos são divididos entre oportunidades e ameaças, sendo que as oportunidades são tendências externas que podem contribuir para a concretização dos objetivos, enquanto as ameaças são as condições externas que não podem ser controladas, e se caracterizam como prejudiciais à execução dos objetivos.

Com isso, é possível inferir que a produção de estruvita a partir do tratamento de efluentes residuais é viável por se aplicar fortemente como fertilizante, porém, deve-se ressaltar que este processo tem sua viabilidade evidenciada quando aplicada em projetos de larga escala, reduzindo assim seus custos fixos.

4. Conclusão

A pesquisa bibliométrica permitiu constatar, dentro dos registros da base de dados *Web of Science*, o crescimento da produção científica do tema “tratamento de águas residuais para produção de estruvita”, assim como avaliar suas tendências, tanto para estudo dentro do meio acadêmico, quanto para sua aplicação na indústria. Por meio do refinamento dos artigos pelos diversos processos de seleção, foi possível gerar um portfólio para embasamento teórico de futuras pesquisas, ou estudos sobre o tema, e também suas vertentes, ou seja, os propósitos para os quais as pesquisas estão sendo direcionados.

Pode-se aferir que o crescimento das pesquisas quanto ao tema proposto é notável, e também é percebido o enfoque em temas relacionados à engenharia, ao se priorizar a redução de custos para um processo, e também a ciências ambientais, ao procurar um equilíbrio entre a produtividade de um processo, a geração de um produto com qualidade satisfatória, e uma redução nos danos ao meio ambiente.

A pesquisa concentrou suas buscas na base de dados *Web of Science*, porém, para que haja uma percepção mais completa sobre o comportamento da produção científica sobre o tema no mundo e em outros idiomas, sugere-se que outras pesquisas de comparação com estudos bibliométricos de outras bases de dados sejam realizadas.

Por fim, essa pesquisa possibilitou compreender a importância do tema abordado em diferentes meios, seja em um meio laboratorial, seja numa aplicação em chão de fábrica. Seus resultados contribuem para ressaltar a importância das parcerias de pesquisa entre países, como forma de enriquecer as discussões, e gerar uma maior construção do conhecimento, que fomente a produção de publicações de qualidade, assim como as encontradas na base *Web of Science*. Seus resultados também visam impactar, para futuras pesquisas, um foco em vertentes que se mostrem mais promissoras, assim como a procura em manter uma diversidade das linhas de pesquisa, mantendo o caráter inovador que o tema traz à comunidade acadêmica.

Agradecimentos

Projeto Financiado pelo Edital UFES PIIC 2017/2018; e Edital FAPES No 01/2015 - Cooperação FAPES/VALE/FAPERJ.

Referências

BARROS, Liana de Holanda Viana; SILVA, Lorena Albuquerque Adriano da; ARAÚJO, André Luís Calado. Recuperação de fósforo de efluentes através da precipitação de estruvita – MAP. **VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação**, Palmas, v. 1, n. 1, p.1-6, out. 2012.

BOUROPOULOS, Nicolaos Ch; KOUTSOUKOS, Petros G. Spontaneous precipitation of struvite from aqueous solutions. **Journal Of Crystal Growth**, [s.l.], v. 213, n. 3-4, p.381-388, jun. 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0022-0248\(00\)00351-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0022-0248(00)00351-1).

BRADFORD-HARTKE, Zenah; LANT, Paul; LESLIE, Gregory. Phosphorus recovery from centralised municipal water recycling plants. **Chemical Engineering Research And Design**, [s.l.], v. 90, n. 1, p.78-85, jan. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cherd.2011.08.006>.

CORRE, K. S. Le et al. Impact of Reactor Operation on Success of Struvite Precipitation from Synthetic Liquors. **Environmental Technology**, [s.l.], v. 28, n. 11, p.1245-1256, nov. 2007. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09593332808618885>.

CORRE, K. S. Le et al. Kinetics of Struvite Precipitation: Effect of the Magnesium Dose on Induction Times and Precipitation Rates. **Environmental Technology**, [s.l.], v. 28, n. 12, p.1317-1324, dez. 2007. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09593332808618891>.

DE-BASHAN, Luz E.; BASHAN, Yoav. Recent advances in removing phosphorus from wastewater and its future use as fertilizer (1997–2003). **Water Research**, [s.l.], v. 38, n. 19, p.4222-4246, nov. 2004.

ETTER, B. et al. Low-cost struvite production using source-separated urine in Nepal. **Water Research**, [s.l.], v. 45, n. 2, p.852-862, jan. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2010.10.007>.

FATTAH, K. P. et al. Reducing operating costs for struvite formation with a carbon dioxide stripper. **Water Science & Technology**, [s.l.], v. 58, n. 4, p.957-962, set. 2008. IWA Publishing. <http://dx.doi.org/10.2166/wst.2008.722>.

GALBRAITH, S.c.; SCHNEIDER, P.a.; FLOOD, A.e.. Model-driven experimental evaluation of struvite nucleation, growth and aggregation kinetics. **Water Research**, [s.l.], v. 56, p.122-132, jun. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2014.03.002>.

GERARDO, M.I.; ZACHAROF, M.p.; LOVITT, R.w.. Strategies for the recovery of nutrients and metals from anaerobically digested dairy farm sludge using cross-flow microfiltration. **Water Research**, [s.l.], v. 47, n. 14, p.4833-4842, set. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2013.04.019>.

GRAAFF, M. S. de et al. Energy and phosphorus recovery from black water. **Water Science & Technology**, [s.l.], v. 63, n. 11, p.2759-2765, jun. 2011. IWA Publishing. <http://dx.doi.org/10.2166/wst.2011.558>.

IACONI, Claudio di et al. Effective treatment of stabilized municipal landfill leachates. **Chemical Engineering Journal**, [s.l.], v. 168, n. 3, p.1085-1092, abr. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2011.01.089>.

ISHII, Stephanie K.I.; BOYER, Treavor H.. Life cycle comparison of centralized wastewater treatment and urine source separation with struvite precipitation: Focus on urine nutrient management. **Water Research**, [s.l.], v. 79, p.88-103, ago. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2015.04.010>.

JABBOUR, Elias. Conceito Científico” e os Desafios do Desenvolvimento na China de Hoje. In: **Conferência Nacional de Política Externa e Política Internacional. O Brasil no Mundo que Vem Aí**. 2008. p. 161-184.

JAHNEN-DECHENT, W.; KETTELER, M.. Magnesium basics. **Clinical Kidney Journal**, [s.l.], v. 5, n. 1, p.3-14, 1 fev. 2012.

JIN, Ying; HU, Zhenhu; WEN, Zhiyou. Enhancing anaerobic digestibility and phosphorus recovery of dairy manure through microwave-based thermochemical pretreatment. **Water Research**, [s.l.], v. 43, n. 14, p.3493-3502, ago. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2009.05.017>.

LACERDA, Rogério Tadeu de Oliveira; ENSSLIN, Leonardo; ENSSLIN, Sandra Rolim. Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. **Gestão & Produção**, v. 19, n. 1, 2012.

LIMA, Kárita Fernanda Fontes et al. Métodos de extração de bio-óleo a partir da microalga *Nannochloropsis oculata*: uma análise bibliométrica. **Research, Society And Development**, Cidade, v. 7, n. 6, p.1-22, fev. 2018.

MASSEY, Michael S. et al. Effectiveness of Recovered Magnesium Phosphates as Fertilizers in Neutral and Slightly Alkaline Soils. **Agronomy Journal**, [s.l.], v. 101, n. 2, p.323-329, 2009. American Society of Agronomy. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2008.0144>.

MONTALVO, Silvio J. et al. Nitrogen and phosphorus removal using a novel integrated system of natural zeolite and lime. **Journal Of Environmental Science And Health, Part A**, [s.l.], v. 46, n. 12, p.1385-1391, out. 2011. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10934529.2011.606709>.

QUINTANA, M. et al. Removal of phosphorus through struvite precipitation using a by-product of magnesium oxide production (BMP): Effect of the mode of BMP preparation. **Chemical Engineering Journal**, [s.l.], v. 136, n. 2-3, p.204-209, mar. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2007.04.002>.

SICILIANO, A.; ROSA, S. de. Recovery of ammonia in digestates of calf manure through a struvite precipitation process using unconventional reagents. **Environmental Technology**, [s.l.], v. 35, n. 7, p.841-850, 5 nov. 2013. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09593330.2013.853088>.

SOUZA, Cláudia Daniele de. A organização do conhecimento: Estudo bibliométrico na base de dados ISI Web of Knowledge. **Biblios: Journal of Librarianship and Information Science**, [s.l.], n. 51, p.20-32, 4 jul. 2013. University Library System, University of Pittsburgh. <http://dx.doi.org/10.5195/biblios.2013.108>.

STREHL, Letícia. O fator de impacto do ISI e a avaliação da produção científica: aspectos conceituais e metodológicos. **Ciência da informação**. Brasília. Vol. 34, n. 1 (jan./abr. 2005), p. 19-27, 2005.

TAKIGUCHI, Noboru et al. A laboratory-scale test of anaerobic digestion and methane production after phosphorus recovery from waste activated sludge. **Journal Of Bioscience And Bioengineering**, [s.l.], v. 97, n. 6, p.365-368, jan. 2004. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1389-1723\(04\)70219-4](http://dx.doi.org/10.1016/s1389-1723(04)70219-4).

VANTI, Nadia Aurora Peres. Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. **Ciência da Informação**, v. 31, n. 2, p. 152-162, 2002.

YANG, Xue et al. Continuous volatile fatty acid production from waste activated sludge hydrolyzed at pH 12. **Bioresource Technology**, [s.l.], v. 168, p.173-179, set. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2014.02.066>.

YOU, Jiseon et al. Electricity generation and struvite recovery from human urine using microbial fuel cells. **Journal Of Chemical Technology & Biotechnology**, [s.l.], v. 91, n. 3, p.647-654, 21 jan. 2015. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1002/jctb.4617>.

ZANG, Guo-long et al. Nutrient removal and energy production in a urine treatment process using magnesium ammonium phosphate precipitation and a microbial fuel cell technique. **Physical Chemistry Chemical Physics**, [s.l.], v. 14, n. 6, p.1978-1984, 2012. Royal Society of Chemistry (RSC). <http://dx.doi.org/10.1039/c2cp23402e>.

ZHANG, Lei et al. Anaerobic ammonium oxidation for treatment of ammonium-rich wastewaters. **Journal Of Zhejiang University Science B**, [s.l.], v. 9, n. 5, p.416-426, maio 2008. Zhejiang University Press. <http://dx.doi.org/10.1631/jzus.b0710590>.

ZHANG, Tianxi et al. Releasing Phosphorus from Calcium for Struvite Fertilizer Production from Anaerobically Digested Dairy Effluent. **Water Environment Research**, [s.l.], v. 82, n. 1, p.34-42, 1 jan. 2010. Water Environment Federation. <http://dx.doi.org/10.2175/106143009x425924>.