

BIOSSÓLIDOS COMO INSUMO AGRÍCOLA: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO

Paula Marques Borges Vinhas Porto – paulaporto24@yahoo.com.br

Universidade Estadual de Feira de Santana

Silvana Sandes Tosta – siltosta@hotmail.com

Universidade Federal da Bahia

Camila Reis De Souza – felipecesarnunes@hotmail.com

Universidade Estadual de Feira de Santana

Washington Franca Rocha – marcus10.ribeiro@gmail.com

Universidade Estadual de Feira de Santana

Resumo— Os lodos provenientes de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) são promissores biossólidos para uso agrícola. O tratamento anaeróbico é amplamente aplicado como etapa de tratamento biológico de águas residuais domésticas. A elevada eficiência de degradação da matéria orgânica neste tipo de processo e a menor produção de lodo residual são algumas das principais vantagens que têm promovido o crescente uso deste processo. No entanto, para destinação como fim agrícola, demanda-se a aplicação de técnicas pós tratamento com objetivo de higienização do lodo para enquadramento como biossólido classe A conforme CONAMA 375/06. O objetivo do presente trabalho realizar a identificação dos métodos de higienização utilizados recentemente, através de métricas, envolvendo a literatura técnica revisada por pares a partir da ferramenta *VOSViewer*[®]. Após a análise dos mapas e gráficos gerados, conclui-se que o tema é atual com grande margem para desenvolvimento de novos estudos.

Palavras-chave— Lodo; Pós-Higienização; Prospecção Bibliométrica.

Abstract - The sludge from sewage treatment stations (TSE) are promising biosolids for agricultural use. The anaerobic treatment is widely applied as stage biological treatment of domestic waste water. The high efficiency of organic matter degradation in this kind of process and lower production of residual sludge are some of the key benefits that have promoted the increased use of this process. However, for allocation to agriculture, demand the application of techniques after treatment with the objective of sanitization of silt to framework as biosolids Class A as CONAMA 375/06. The objective of this work carry the identification of the methods of SANITIZATION used recently, through metrics, involving the technical literature reviewed by peers from the tool *VOSViewer*[®]. After the analysis of the maps and graphs generated, concludes that the theme is current with great scope for development of new studies.

Keywords - Sludge; Post-hygiene; Bibliometric Prospection.

1. INTRODUÇÃO

A produção de águas residuais domésticas em larga escala é uma consequência inevitável das sociedades contemporâneas. Uma solução para este efluente não tratado, ocorre via Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), onde se dá a geração de lodo residual, na condição de subproduto deste processo. À este subproduto gerado, caso não seja dado um destino ambientalmente correto e seguro, pode vir a provocar danos à população humana e ao meio ambiente direta e indiretamente envolvido, devendo ser tratado antes de ser descartado em diferentes corpos hídricos

como riachos, lagos, mares e superfícies de terra (DE-BASHA, 2004). Entre os possíveis danos envolvidos, estão o comprometimento da qualidade dos corpos hídricos, afetando o bioma correspondente e promovendo processos químicos eutróficos degenerativos que levam ao comprometimento da vida das atuais e futuras gerações.

As ETEs reciclam fluídos hídricos existentes nas correntes residuais de processo, como é o caso da lamas dos decantadores e águas de lavagem dos filtros. Este processo de reciclagem, caso não seja feito de maneira adequada, pode vir a acarretar problemas de importância crescente, como por exemplo, a reintrodução de contaminantes, implicando na diminuição da qualidade da água tratada (MAIÉ, 2008), e aumentando os custos operacionais vigentes em até 50% (APPELS *et al.*, 2008).

A adoção de digestão anaeróbica é amplamente aplicada como etapa de tratamento biológico em águas residuais, e pode ser considerada como uma das tecnologias mais antigas para estabilização de efluentes, sendo aplicada desde o final do século XIX, principalmente para tratamento de esgotos de origem doméstica (VAN LIER *et al.*, 2001). O crescente interesse no desenvolvimento e implementação destes processos se deve às vantagens que ele promove, a citar: elevada eficiência de degradação da matéria orgânica; menor custo operacional; obtenção de biogás como subproduto e menor produção de lamas residuais para este tipo de processo, quando comparado com os processos convencionais de tratamento aeróbio (SOARES, 2014).

Quando se pensa em sustentabilidade na gestão dos recursos hídricos, os produtos gerados por uma ETE podem ser considerados como um recurso e não mais como um resíduo, principalmente se aplicado como insumo agrícola ou como meio de geração de energia (MCCARTY; BAE; KIM, 2011). Esta citada valoração, é adotada especialmente no norte da Europa, onde foram estabelecidas um grande número de usinas de biogás em grande escala, as quais combinam resíduos da agricultura, indústria e residências, produzindo ou biogás ou fertilizantes líquidos que são recirculados em propriedades agrícolas (VAN LIER *et al.*, 2001). No Brasil, para destinação como insumo agrícola, na produção de biossólidos, é necessário o enquadramento do lodo tratado e estabilizado conforme os critérios estabelecidos pela “CLASSE A” prevista na Resolução CONAMA 375/2006, o que traz a necessidade de aplicação de um processo de higienização pós-tratamento anaeróbio (BRASIL, 2006). Para tal atendimento, demanda-se tecnologias aplicadas que viabilizem a produção de biossólidos com tais características. Van Lier *et al.* (2001) afirma que o aprimoramento das tecnologias aplicadas à digestores anaeróbios desempenharão um papel importante no fechamento de ciclos de água, matérias-primas e nutrientes em processos industriais. As atividades agro-comunitárias são um mecanismo sustentável para mineração de matéria orgânica proveniente de ETEs, viabilizando a recuperação e reutilização dos resíduos gerados.

Dentre os meios de compreensão da evolução científica e tecnológica, destacam-se os estudos com base na elaboração de indicadores a partir de métricas bibliográficas, a qual possibilita uma melhor compreensão dos aspectos relativos ao tema em estudo. Estes indicadores podem ser baseados em insumos, isto é, nos valores investidos, nos recursos humanos, ou em resultados, ou seja, na produção de artigos científicos e patentes, na sua dinâmica de citações e nas suas ligações (co-autoria, co-citações, etc). As características avaliadas podem ser: proeminência, produtividade, redes de cooperação, entre outras (LIMA, 2012).

Diante da importância de melhorar a eficiência no tratamento anaeróbio de esgotos, viabilizando a produção de lodos mais adequados para destinação como insumo agrícola, visando identificar lacunas e avançar o conhecimento sobre essa área tecnológica, destaca-se como objetivo do presente trabalho realizar a identificação dos métodos de higienização de lodos utilizados recentemente, através de métricas, envolvendo a literatura técnica revisada por pares a partir da ferramenta *VOSViewer*[®].

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A necessidade de se atender às exigências ambientais, quanto à destinação adequada do lodo proveniente de águas A destinação final ambientalmente favorável do lodo proveniente de águas residuais domésticas se apresenta como um maior problema enfrentado pelo setor de saneamento atualmente (SANTOS, 2012). O tratamento do esgoto tem a finalidade de reduzir a sua carga orgânica para garantir seu retorno ao meio ambiente levando-se em conta a minimização dos impactos negativos para a sociedade e o meio ambiente.

Compreende-se como águas residuais domésticas como um tipo complexo de efluente de origem domiciliar, que apresenta baixa resistência, caracterizado por: (i) baixas concentrações de DQO (Demanda Química de Oxigênio);

(ii) altas frações de SS (sólidos suspensos); (iii) temperaturas relativamente baixas; (iv) fortes flutuações nas TRH (Tempo de Retenção Hidráulico) e TCO (Taxa de Carregamento Orgânico) (VAN LIER et al., 2001).

A etapa crucial e de maior custo em um ETE é o tratamento dos subprodutos sólidos gerados nas suas diversas unidades. Estes materiais sólidos são gerados durante as operações de cada unidade, os quais são divididos em grupos como: material gradeado ou sólidos grosseiros, sólidos inorgânicos como areia e silte, material flutuante ou espuma e lodo (VAN HANDEL; SOBRINHO, 2006).

O subproduto gerado em maior volume e massa é o lodo, razão pela qual, muitos pesquisadores vêm desenvolvendo trabalhos que versem sobre a sua destinação final adequada às exigências ambientais em vigor. Vale ressaltar que na maior parte das etapas de seu manuseio, o lodo é constituído por mais de 95% de água, sendo denominado de fase sólida apenas por convenção, visando distingui-lo do fluxo de líquido sendo tratado (VON SPERLING; GONÇALVES, 2007).

Entende-se como lodo, os sólidos gerados durante o processo de tratamento de esgoto propriamente dito, bem como os sólidos carreados para o tratamento. Pode ser classificado em primário aquele que é gerado nos processos de tratamento primário e lodo secundário, aquele produzido nos sistemas de tratamento biológico. A fração orgânica do lodo em esgoto bruto (para sistemas aeróbicos) é cerca de 0,3 kg de lodo por kg de DQO (Demanda Química de Oxigênio), enquanto que a fração inorgânica é na faixa de 0,05 kg de lodo por kg de DQO (VAN HANDEL; SOBRINHO, 2006). Como subproduto do tratamento do esgoto, o lodo é considerado um dos maiores problemas do saneamento no Brasil, em virtude da dificuldade de disposição final adequada deste resíduo pelas ETEs (LIRA; GUEDES; SCHALCH, 2008).

Em centros urbanos é crescente a produção de lodo em consequência da ampliação da cobertura de coleta e do tratamento de esgotos, em que estima-se que no Brasil sejam geradas cerca de 150-220 mil toneladas por ano de massa seca de lodo nas estações de tratamento (SILVA et al., 2008). Apenas 5% destas são reutilizadas de forma adequada (CASSINI; VAZOLLER; PINTO, 2003).

Biossólido é o termo designado ao lodo (resíduos sólidos) promovido pelo tratamento biológico do esgoto. O uso desse termo valoriza e destaca as características benéficas desse resíduo, favorecendo o seu emprego como matéria-prima para inserção de processos produtivos (ANDREOLI; VON SPERLING, 2001).

A destinação final do biossólido em ETE é considerado um dos principais problemas operacionais dessas estações, não só devido à crescente produção do lodo que contrasta com a necessidade de proteção e salubridade ambiental, mas também por ser um processo que demanda elevados custos. Dentre as alternativas de destinação final, as mais comumente empregadas são: a descarga oceânica (prática atualmente proibida), a incineração, o aterro sanitário, landfarming (disposição superficial no solo), recuperação de áreas degradadas e a reciclagem agrícola (SANTOS, 2012). Dentre as alternativas elencadas, a agricultura é a que tem despertado maior interesse e, talvez seja, a que traga menos impactos negativos ao meio ambiente. Porém, é necessário conhecer as características deste lodo, pois o seu destino final é quem define o tipo de tratamento dado a este resíduo (CORREIA, 2009).

2 METODOLOGIA

A proposta foi construir um trabalho onde houvesse a abordagem de tecnologias aplicáveis ao tratamento de lodos oriundos de unidades de tratamento de água, fazendo uso de análises métricas em literatura técnica revisada por pares.

Em um primeiro momento, selecionou-se a base de dados de acesso à literatura técnica revisada por pares e os termos de busca a serem aplicados. Optou-se pela base SCOPUS® pelo fato desta ser a maior base de dados de resumos e citações da literatura técnica (artigos, livros, etc.), contendo a revisão por pares e por esta ter facilidade de integração com a plataforma VOSViewer®. Os termos de busca escolhidos foram interligados em uma busca única, unidos via conectores booleanos do tipo AND e OR, ficando assim estabelecida: (“*anaerobic treatment*” OR *Sanitation* OR “*After treatment*” AND sewage AND *Fertilizer*) restringindo o ano de publicação para os artigos publicados nos últimos 5 anos, 2013-2018. Feita a busca, gerou-se o arquivo para exportação no formato CSV e este foi alimentado à plataforma VOSViewer®. Para construir os mapas, o software utiliza a técnica de visualização por similaridade e tem como principais etapas: a identificação dos termos, filtragem dos termos mais relevantes, mapeamento e agrupamento dos termos e agrupamento e visualização do mapa (VAN ECK; WALTMAN, 2011; VAN ECK; WALTMAN, 2007).

Através do uso desta plataforma, onde podem ser gerados diferentes panoramas de visualização científica, mapas foram gerados e analisados. Optou-se pelo uso dos seguintes tipos de mapas: rede por co-autoria por país, rede por co-autoria por autores e rede coocorrência de termos.

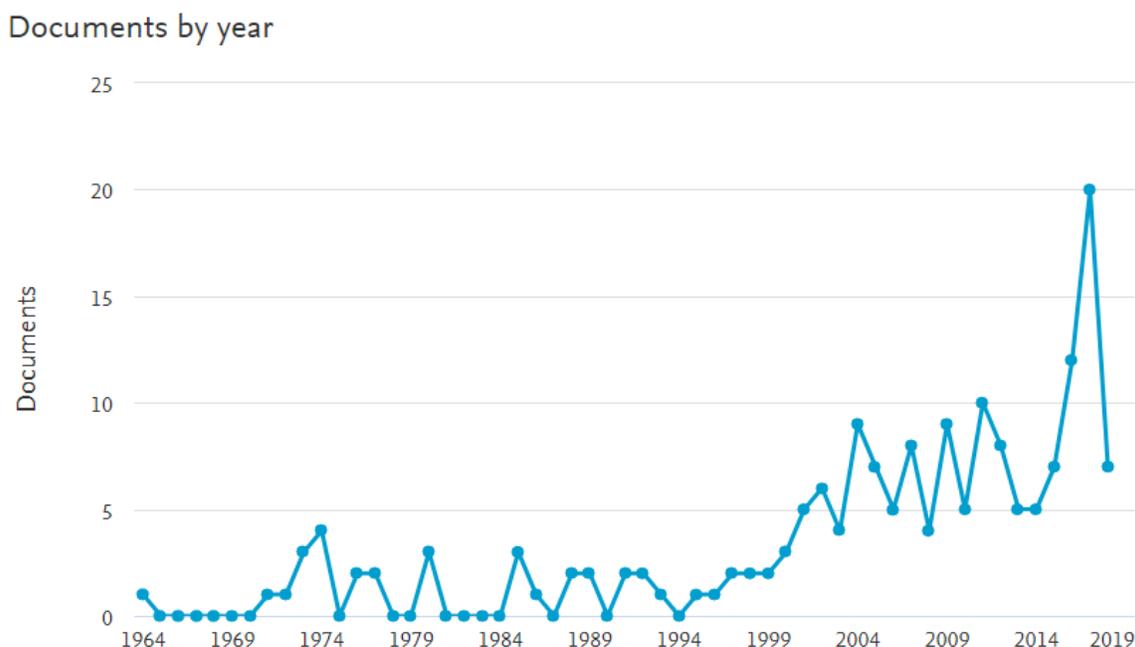
A etapa posterior consistiu na análise circunstanciada dos gráficos gerados pelo *VOSViewer*[®].

3 DISCUSSÃO E RESULTADOS

3.1. DEFINIÇÃO DA ESCALA TEMPORAL

A partir da análise da Figura 1, observa-se que entre os anos de 1964 e 1999 o número de publicações científicas seguiu um padrão muito semelhante, tendo o maior pico ocorrido no ano de 1973; para o período de 1999 a 2014, houve um aumento importante no número de publicações, com o gráfico assumindo um perfil ascendente e, com o maior pico de produção, ocorrido em 2011; entretanto, no período compreendido entre 2014 e 2018, o nível de crescimento foi muito mais significativo e importante, com o gráfico assumindo um crescimento fortemente abrupto e pico em 2017. em função deste comportamento diferenciado e buscando coletar um número de publicações um pouco maior, o período de 2013 a 2018 foi o escolhido como um dos critérios para levantamento de dados bibliométricos, obtendo um total de 88 (oitenta e oito) publicações.

Figura 1 - Análise Quantitativa de Publicações Científicas por Ano



Fonte: SCOPUS®

3.2. ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Os mapas bibliométricos além de serem de cunho quantitativo são dotados de dois atributos fundamentais: distância e dimensão. A "distância", refere-se ao comprimento da linha contínua que une itens, indicando o grau de proximidade entre dois ou mais itens; a "dimensão", caracteriza-se pelo tamanho do item, o qual expressa proporcionalmente a sua importância, dada pelo número de ocorrência.

As distâncias e as dimensões representadas produzem diferentes agrupamentos na figura. Também denominados *clusters*, essas concentrações expressam níveis de similaridade, e são representados por esferas.

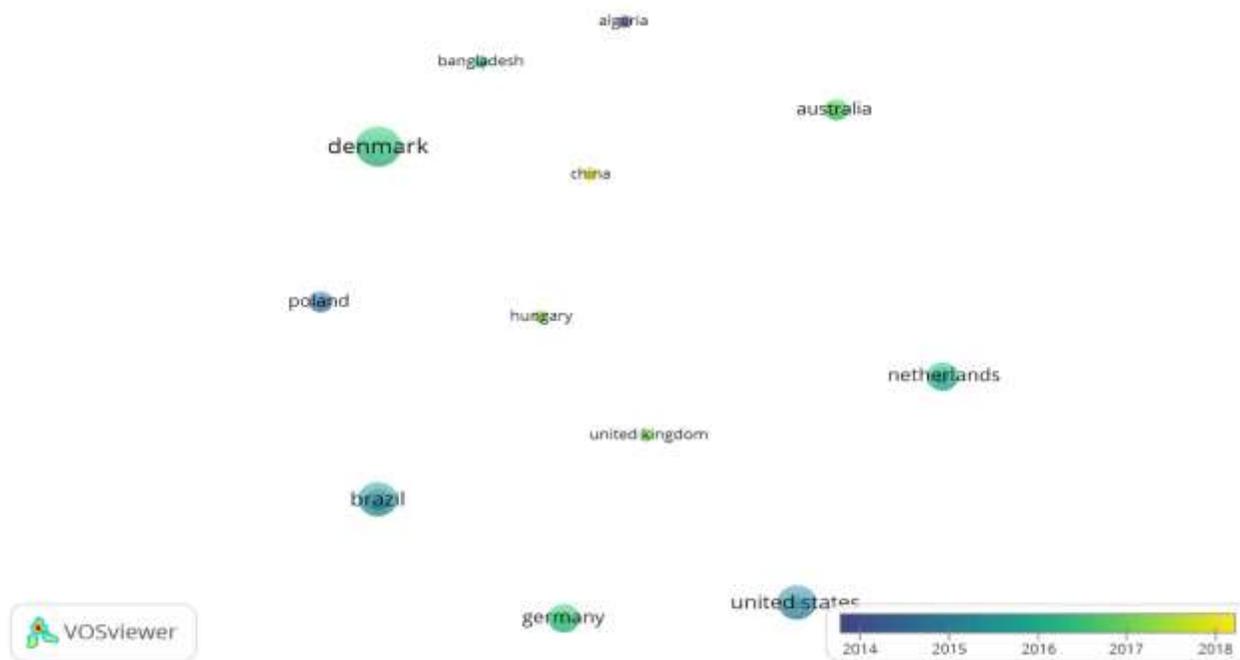
Na Figura 2, encontra-se a ilustração da rede de "Co-autoria por País em Escala Temporal", onde as esferas representam os países em que há literatura técnica revisada por pares com publicações na temática. As cores das

esferas indicam uma escala de tempo, presente na legenda criada pela ferramenta. Outros elementos na rede de Co-autoria são as linhas que unem as esferas. Estas linhas indicam o nível de proximidade entre as pesquisas feitas. Nota-se a ausência destas ligações na rede em questão, demonstrando que tais publicações possuem grau de relação fraca, ou inexistente. A escala de tempo compreendeu um período aproximado de um pouco mais de 4 (quatro) anos, envolvendo trabalhos publicados entre 2013 e 2018, indicadas pelas cores azul escuro e amarela respectivamente.

Pode-se observar também que, para o período estudado, há trabalhos oriundos de 21 países diferentes, indicando que o tema de fertilizantes, a partir de lodos de ETE, é um tema amplo e de interesse mundial

Embora tenha sido definido como metodologia o curto período de escala temporal, 2013 a 2018, a presença de trabalhos oriundos de 21 (vinte e um) países diferentes, indica que o tema de fertilizantes, a partir de lodos de ETE, é um tema de amplo interesse mundial. Mesmo que o número máximo de publicações identificadas por país sejam igual a 5, não se pode considerar apenas que é pouco publicado no período, pois o número de 88 (oitenta e oito) publicações revela o interesse significativo no tema. O que não significa que não há interesse quanto a temática, trabalhos podem estar sendo desenvolvidos entre grupos de pesquisa, preparando-os para publicações futuras, como é o caso da China que revelou seu recente investimento e interesse em assuntos científicos. A expectativa, conforme mostra o gráfico da Figura 1, é que o número de pesquisas e publicações sobre o tema cresçam nos próximos anos, quer seja pelas recentes criações de patentes de sucesso, ou pela preocupação ambiental, ou até mesmo por simples interesse econômico que a temática pode gerar. A liderança em número de cientistas que publicaram seus trabalhos, se concentram nos Estados Unidos, Brasil e Dinamarca, sendo que os dois primeiros foram aqueles que desenvolveram as pesquisas mais antigas para o período de estudo, e o segundo, o país onde há o maior número de trabalhos publicados. Sabe-se que os Estados Unidos é um país referência em nível de pesquisa e ensino e que os chineses, atualmente, lideram tanto a métrica da publicação em literatura técnica, quanto na produção de patentes, com um forte investimento do Governo local, o que justifica a aparição recente deste país na rede análise em questão.

Figura 2 - Rede de Co-autoria por País em Escala Temporal



Fonte: Próprio autor, gerado a partir da plataforma VOSViewer®.

Critério: Número mínimo de publicação por país igual a 1.

As redes de co-autoria relacionam os autores de publicações científicas com base na co-ocorrência de seus nomes enquanto autores de uma mesma publicação, com isso, entende-se que se trata de uma rede de autores e o critério de relacionamento entre estes é a co-autoria de suas publicações.

Na Figura 3 encontra-se a rede de densidade por co-autoria para o tema em estudo, a qual está presente 43 (quarenta e três) autores que mais publicaram sobre o tema Fertilizantes a partir de lodos de ETE no período de estudo. Como trata-se de uma análise por densidade em um período curto e recente, o número de publicações é baixo, o que condicionou a estabelecer o critério de 1 (um) documento por autor e citado, no mínimo, 8 (oito) vezes. Estes nomes estão contidos em esferas de diferentes escalas de cores, a qual compreendeu um período aproximado de um pouco mais de 3 (três) anos, envolvendo trabalhos publicados em 2014 (indicado pela cor azul escuro) à 2017 (indicado pela cor amarela).

A análise da Figura 3 permite verificar que existem 10 (dez) grupos de autores que mais publicam sobre o tema, os quais se encontram divididos em pequenos grupos isolados. Conforme aborda Franco (2018), este comportamento configura uma rede esparsa e com baixa colaboração de pesquisa. Indica uma comunidade científica pobremente conectada. Entretanto, vale lembrar que a co-autoria é apenas uma parte da colaboração científica, pois não mede a colaboração na sua totalidade e complexidade, uma vez que há outras formas de colaboração que acontecem informalmente e são difíceis de serem analisadas e quantificadas.

Neste mapa, a distância entre dois autores indica o grau do relacionamento entre eles, sendo que quanto menor a distância, maior é a relação. Ainda, autores próximos possuem maior similaridade de suas parcerias (CONNER *et al.*, 2017). Cada ponto no mapa apresenta uma cor que indica a densidade dos autores naquele ponto. Quanto maior o número de autores na vizinhança de um ponto e quanto maior a frequência dos autores vizinhos, mais a cor se aproxima do vermelho. No caso contrário, a cor se aproxima do azul

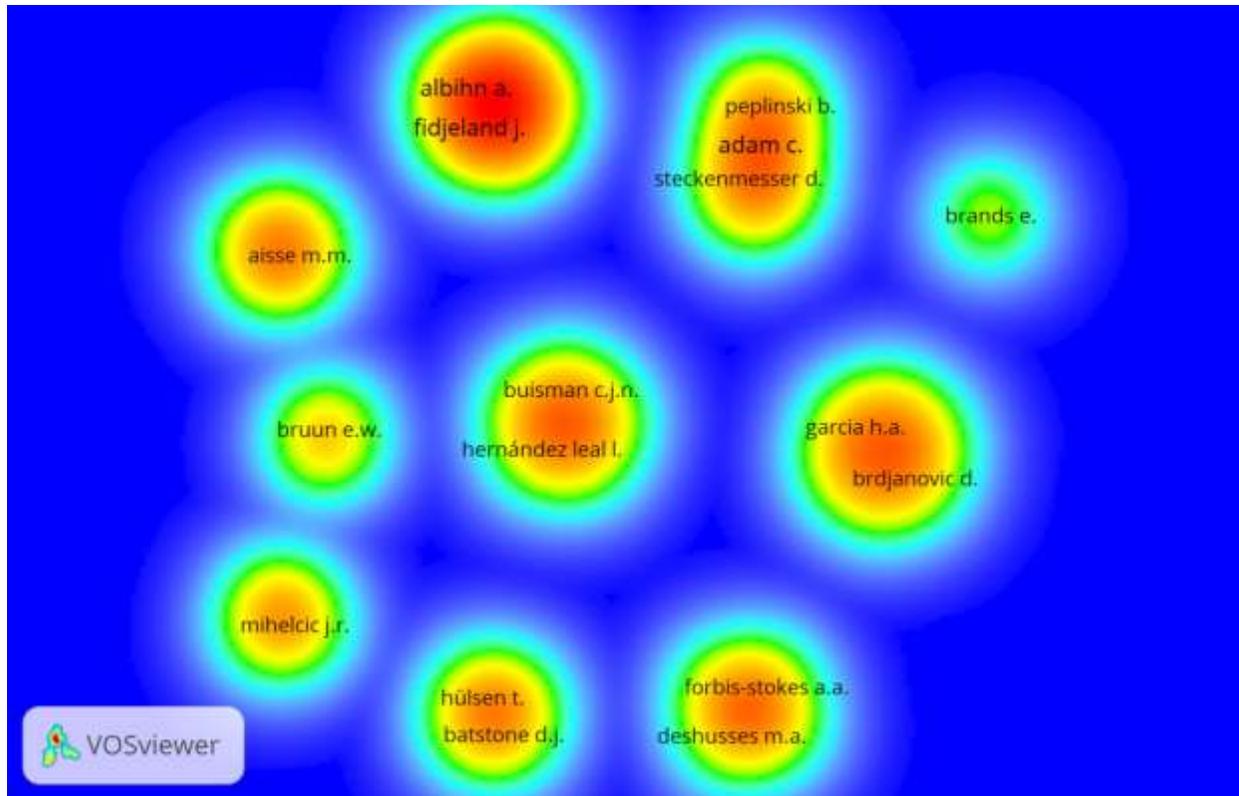
O Quadro 1 apresenta relação de número de artigos publicados, número de pesquisadores do grupo, número de conexões existentes e o ano da publicação mais recente, dentre as publicações lançadas pelo grupo. Os centros de maior densidade apresentam uma coloração vermelha mais intensa. Com base na análise destes centros de densidade, o grupo em que os pesquisadores Albiñ A. e Fildjeland J. fazem parte, possui nós mais fortes, representando o centro mais equilibrado em termos de maior densidade e de força de ligações, e ambos desenvolveram trabalhos com mesmo número de pesquisadores do grupo, 5 (cinco) pesquisadores. O autor Garcia H.A é aquele que possui maior conexão que os demais e seus trabalhos possuem publicações mais recentes.

QUADRO 1
 RELAÇÃO ENTRE AUTORES MAIS RELEVANTES PELOS FATORES CORRELATOS ÀS SUAS CONEXÕES

	Artigos Publicados	Número de Pesquisadores do Grupo	Números de Conexões	Ano da Publicação mais Recente
Adam C.	2	6	5	2016
Albiñ A.	2	5	4	2014
Fildjeland J.	2	5	5	2014
Garcia H. A.	1	7	6	2017

Fonte: Próprio autor, dados originados do *VOSViewer*®.

Figura 3 - Rede de densidade de Co-autoria



Fonte: Próprio autor, gerado a partir da plataforma *VOSViewer*®.

Critério: mínimo de 1 (um) documento por autor e citado, no mínimo, 8 (oito) vezes

O Quadro 02, apresenta um resumo dos 5 (cinco) artigos mais relevantes no estudo realizado, com base nos trabalhos dos autores que representam o maior número de conexões na rede de cooperação (Figura 3). A partir do mesmo percebe-se os diferentes caminhos em termos de soluções tecnológicas para a higienização do lodo oriundo de esgotos.

Autores	Conteúdo Resumido
Fidjeland J.; Magri, M. E; Jönsson H.; Albiñ A.; Vinneras B. The Potential for Self-Sanitisation of Faecal Sludge by Intrinsic Ammonia, (2013)	Este estudo aborda a necessidade de higienização do lodo fecal, de sorte a utilizá-lo como fertilizante sustentável na agricultura
Steckenmesser D.; Vogel C.; Adam C.; Steffens D. Effect of Various Types of Thermochemical Processing of Sewage Sludges on Phosphorus Speciation, Solubility, and Fertilization, (2017)	O presente estudo também aborda a temática da recuperação de fósforo de lodo de esgotos, utilizando a via térmica
Mawioo P. M.; Garcia H. A.; Hooijmans C. M.; Velkushanova K.; Simonic M.; Mijatovic I.; Brdjanovi D. A Pilot-Scale Microwave Technology for Sludge Sanitization and Drying (2017)	Este estudo aborda a construção de um reator, baseado em micro-ondas, em escala piloto, sugerindo ser uma possível alternativa para um rápido tratamento do lodo
Magri M. E.; Fidjeland J.; Jönsson H.; Albiñ A.; Vinneras B. Inactivation of Adenovirus, Reovirus and Bacteriophages in Fecal Sludge by pH and Ammonia (2015)	Este estudo, busca avaliar a inativação de adenovírus, reovírus e bacteriófago em lodo fecal
Stemann J.; Peplinski B.; Adam C. Thermochemical Treatment of Sewage Sludge Ash with Sodium Salt Additives for Phosphorus Fertilizer Production - Analysis of Underlying Chemical Reactions (2015)	A cinza de lodo de esgoto é uma promissora fonte secundária de fósforo mas, se faz necessário a remoção de metais pesado e a promoção da biodisponibilização do fósforo para as plantas. O presente artigo apresenta uma metodologia para a biodisponibilização do fósforo

4 CONCLUSÕES

O tema é atual, com diferentes pesquisadores buscando novas tecnologias para a higienização do lodo de esgotos. Sugere-se realizar um levantamento patentário e promover a contraposição de informações.

Devido ao fato do lodo gerado pelas ETEs não ter sido pensado como fonte potencial de recursos, é natural compreender que, no planejamento e construção de grande parte das atuais estações, não foram contemplados processos para otimização dos resíduos gerados, e sua correta destinação final. Com vistas na promoção de uma economia circular com base em estratégia de reciclagem, os resíduos gerados por ETEs são fontes potenciais de geração de energia, insumos agrícolas, e outras aplicações, com isso demanda-se de estudos voltados para a adequação do design e tecnologias empregadas para produção melhor qualidade e rendimento dos lodos, e demais resíduos gerados.

A Rede de Co-autoria por País em Escala Temporal (figura 2) nos leva a perceber que o Brasil se destacou como o segundo país que mais publicou sobre a temática no período em estudo, mostrando que o país tem contribuído significativamente para esta evolução científica, tendo o impulso para seguir no viés do tratamento de lodo e promover a construção e desenvolvimento de ETEs mais modernas

REFERÊNCIAS

- ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M. Introdução. In: ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. Companhia de Saneamento do Paraná v. 6, 13-16p. 2001.
- APPELS, Lise et al. Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge. **Progress In Energy And Combustion Science**, [s.l.], v. 34, n. 6, p.755-781, dez. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pecs.2008.06.002>.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 375 de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF. 2006.
- CASSINI, S. T.; VAZOLLER, R.F.; PINTO, M.T. Resíduos sólidos orgânicos gerados no saneamento: problemas e tendências In: CASSINI, S. T. (Coord.) Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003, p. 1-9 il.
- CORREIA, Joelane Esquivel. Caracterização físico-química e microbiológica do lodo gerado na estação de tratamento de esgoto contorno. 2009. Dissertação Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Estadual de Feira de Santana, BA, 2009.
- CONNER, N.; PROVEDEL, A.; MACIEL, E. L. N.. Ciência & Saúde Coletiva: análise da produção científica e redes colaborativas de pesquisa. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s.l.], v. 22, n. 3, p.987-996, mar. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232017223.18992016>.
- DE-BASHAN, L.E., Bashan, Y. Recent advances in removing phosphorus from wastewater and its future use as fertilizer (1997–2003). **Water Res.** 38, 4222–4246, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.07.014>
- FRANCO, N. M. G. Análise relacional intrainstitucional: redes de coautoria e acoplamento de autores. Dissertação. (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Sociedade). Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR. 2018. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/9800/Franco_Nathalia_2018.pdf?sequence=4&isAllowed=y Acesso em 12 Ago 2018.
- FIDJELAND, Jørgen et al. The potential for self-sanitisation of faecal sludge by intrinsic ammonia. **Water Research**, [s.l.], v. 47, n. 16, p.6014-6023, out. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2013.07.024>.
- LIMA, R. A.; VELHO, L. M. L. S.; Leandro Innocentini Lopes de Faria, Bibliometria e “avaliação” da atividade científica: um estudo sobre o índice, **Perspectivas em Ciência da Informação**, v.17, n.3, p.3-17, jul./set. 2012
- LIRA, A. C. S. de.; GUEDES, M. C.; SCHALCH, V. Reciclagem de lodo de esgoto em plantação de eucalipto: carbono e nitrogênio. Engenharia Sanitária Ambiental. Rio de Janeiro: ABES. 2008, v. 13, n. 2, p. 207-216, abr./jun. 2008.
- MAIÉ, David Filipe de Sousa. Caracterização das Águas Residuais do Processo de Tratamento na ETA de Tavira e Optimização das Condições Operacionais e Tecnológicas do Densadeg, Dissertação. Mestrado em Engenharia Biológica. Faculdade de Engenharia dos Recursos Naturais. Universidade do Algarve. 2008, 137 p.. Disponível em<<https://sapientia.ualg.pt/bitstream/10400.1/432/1/Caracterização%20das%20águas%20residuais%20do%20processo%20de%20tratamento.pdf>> Acesso em 07 Jul 2018.
- MCCARTY, Perry L.; BAE, Jaeho; KIM, Jeonghwan. Domestic Wastewater Treatment as a Net Energy Producer—Can This be Achieved? **Environmental Science & Technology**, [s.l.], v. 45, n. 17, p.7100-7106, set. 2011. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/es2014264>.
- MAGRI, Maria Elisa et al. Inactivation of adenovirus, reovirus and bacteriophages in fecal sludge by pH and ammonia. **Science Of The Total Environment**, [s.l.], v. 520, p.213-221, jul. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.035>.
- MAWIOO, Peter M. et al. A pilot-scale microwave technology for sludge sanitization and drying. **Science Of The Total Environment**, [s.l.], v. 601-602, p.1437-1448, dez. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.004>
- SANTOS, Dalila de Souza, Caracterização do lodo obtido em manta e leito do reator anaeróbico de fluxo ascendente e submetido ao leito de secagem. 2012 Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia, 2012.
- SILVA, A. G.; LEITE, V. D.; SILVA, M. M. P da; PRASAD, S.; FEITOSA, W. B. S. Compostagem aeróbia conjugada de lodo de tanque séptico e resíduos sólidos vegetais. Engenharia Sanitária Ambiental. Rio de Janeiro: ABES. 2008, v. 13, n. 4, p. 371-379, out./dez. 2008.

SOARES, Sara Patrícia Silva. Estudo sobre o Tratamento Anaeróbio de Águas Residuais Urbanas em Reator de Leito de Lamas de Fluxo Ascendente em Escala Piloto. Dissertação. Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2014, 93p.. Disponível em <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/71818/2/27051.pdf>> Acesso em 07 Jul 2018.

SPERLING, Marcos; FERNANDES, Fernando. Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 2007.

STEMANN, J.; PEPLINSKI, B.; ADAM, C. Thermochemical treatment of sewage sludge ash with sodium salt additives for phosphorus fertilizer production – Analysis of underlying chemical reactions. **Waste Management**, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.07.029>.

STECKENMESSER, D.; VOGEL, C.; ADAM, C; STEFFENS, D.; Effect of various types of thermochemical processing of sewage sludges on phosphorus speciation, solubility, and fertilization performance. **Waste Management**. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2017.02.019>

VAN LIER, JB, A. Tilche, BK Ahring, H. Macarie, R. Moletta, M. Dohanyos, LW Hulshoff Pol, P. Lens and W. Verstraete P. Lens e W. Verstraete, New perspectives in anaerobic digestion, **Water Science and Technology** Vol 43 No 1 pp 1–18 © IWA Publishing, 2001

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. VOS: A new method for visualizing similarities between objects. **Advances in Data Analysis**, p. 299–306, 2007.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Text mining and visualization using VOSviewer. **ISSI Newsletter**, v. 7, n. 3, p. 50–54, 2011.

VAN HAANDEL, A.; SOBRINHO, P.A. Produção, Composição e Constituição do lodo. In: Cleverson V. Andreoli (Coordenador). Alternativas de Uso de resíduos do saneamento. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

VON SPERLING, M.; GONÇALVES, R.F. Lodo de esgotos: características e produção. In.: ANDREOLI, Cleverson V.; VON

VON SPERLING, M.; GONÇALVES, R. F. Lodo de esgotos: características e produção. In: ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. (Org.) Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG; Curitiba: SANEPAR, 2001. 484 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 6). cap. 2, p. 17-67.