



TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTE EMPREGANDO BIOAUMENTADOR

¹ Stephanie de Melo Santana (SENAI CIMATEC) – sms.teca@gmail.com; ² Edna dos Santos Almeida (SENAI CIMATEC) – ednasa@fieb.org.br; ³ Michelle Cruz Costa Calhau (SENAI CIMATEC) – mcalhau@fieb.org.br;

Resumo: Diante da escassez de recursos hídricos e a necessidade de realizar reuso de água surgem diversas tecnologias visando aumento ou manutenção da eficiência nos processos biológicos de tratamento de efluentes passaram a ser utilizadas, dentre elas a bioaumentação, uma técnica que consiste na implementação de aditivos biológicos para melhorar a atividade microbiana nos processos. A fim de identificar os microrganismos aplicados à bioaumentação para tratamento biológico de efluentes contendo fenóis e óleos e graxas, o presente trabalho mapeou as publicações realizadas nas bases de dados científicos. O resultado revelou um aumento do número de publicações ao longo dos últimos anos e países que publicaram, além da necessidade de se obter estudos mais abrangentes utilizando-se de diferentes tipos de efluente e com outros aditivos biológicos, invés bactérias.

Palavras-Chaves: Bioaumentação; Tratamento de Efluentes; Fenóis; Óleos e Graxa.

BIOLOGICAL TREATMENT OF EFFLUENT USING BIOAUGMENTATION

Abstract: Nowadays, due to the scarcity of water resources and the need to reuse water, many technologies have emerged with the objective of increasing or maintaining efficiency in biological treatments, such as bioaugmentation, a technique that uses biological additives to improve the microbiological activity of the processes. The present work, through research in scientific databases, has mapped the literature on the microorganisms used on bioaugmentation technique in the biological treatment of effluents containing phenols and oils and greases, identifying an increase in the number of publications in the last years, increase of the number of countries where these publications are from, the need for more studies (using different types of effluents) and implementing other biological additives besides bacteria consortia.

Keywords: Bioaugmentation; Effluent Treatment; Phenols; Oils and grease.



1. INTRODUÇÃO

A crescente industrialização e concentração populacional em centros urbanos passou a ser um fator preocupante a partir do fim do século XX, gerando diversos acordos a nível internacional, normas e diretrizes, ressaltando a possível escassez de recursos ambientais devido à poluição [1]. Um dos quesitos de remediação dos impactos ambientais é o tratamento de efluentes, que assume grande importância, ao viabilizar tanto o lançamento do efluente tratado, quanto o reuso de água, que cada vez mais é tido como um recurso bastante escasso na natureza [2, 3].

A escolha do tratamento vai depender do destino do efluente e da qualidade requerida, principalmente pela legislação, que varia a cada país. Para o descarte, a nível nacional, existem padrões determinados pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 430/2011 e que abrangem desde condições de lançamento (como pH, temperatura e concentração de óleos e graxas) a parâmetros inorgânicos e orgânicos, mas a nível estadual também podem haver legislações complementares. Em caso de reuso de água, muito demandado em indústrias em função do custo deste insumo para os seus processos, há necessidade de tratamento do efluente e manutenção da eficiência do tratamento para remoção dos contaminantes.

Assim, existem os tratamentos químicos, os físicos e os biológicos, sendo os últimos geralmente os mais simples e baratos, posto que estes utilizam menos químicos (que geram custos na compra dos agentes a serem utilizados), reduzem a geração de resíduos sólidos e consomem menos energia [2]. Além disso, são mecanismos que imitam a biodegradação que ocorre naturalmente, com a diferença que este cria um processo estimule de forma controlada a oxidação do efluente, adequando-o aos parâmetros estabelecidos pela legislação [4]. Ocorre, no entanto, que os tratamentos biológicos podem perder a eficiência quando se trata de cargas biológicas elevadas ou altos índices de fenóis, óleos e graxas [2,4].

Outros fatores que influenciam no tratamento são a composição do efluente, a concentração dos contaminantes, o tipo de reator empregado e as condições ambientais da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) [5,6]. Alguns contaminantes são bastante difíceis de degradar biologicamente e são chamados de recalcitrantes e, geralmente, demandam microrganismos adaptados e condições específicas para ser tratados [6].

Neste contexto, a bioaugmentação (adição de bioaditivos para auxiliar na sobrevivência e até o aumento da concentração dos microrganismos de interesse no processo) surge como um fator de otimização, adequando melhor o processo ao efluente através do uso de aditivos biológicos e, conseqüentemente, aumentando a eficiência da biodegradação requerida [5,6]. Neste método, podem ser utilizados microrganismos do próprio meio operacional, selecionados e reacimatados em laboratório e reintroduzidos para manter as taxas de crescimento de sua cultura e também a degradação; ou modificados geneticamente; ou microrganismos externos



ao meio; ou também através da adição de substratos [5,6,7]. Essa escolha, no entanto, deve ser feita com o devido cuidado, já que em sistemas biológicos, podem ocorrer competição ou predatismo entre as espécies inoculadas e as espécies já presentes, presença de bacteriófagos (já que na maioria dos bioaumentadores se utiliza de culturas de bactérias) ou a dificuldade de adaptação ao processo em condições operacionais nas ETEs [3,6].

Mediante a relevância e interesse a nível internacional que a bioaumentação tem conseguido, o objetivo desse trabalho é conhecer as publicações encontradas referentes à bioaumentação e identificar os bioaditivos empregados no método para o tratamento de efluentes com compostos fenólicos, óleos e graxas. A partir das classificações dos artigos, pretende-se verificar o enfoque dado nos trabalhos e os principais bioativos utilizados por meio do estudo das publicações feitas ao longo das últimas décadas.

2. METODOLOGIA

A pesquisa informacional objeto deste trabalho foi realizada no período março a junho de 2018, no portal da CAPES, em três bases de periódicos: PubMed, Scopus e Web Of Science. Nelas, utilizou-se algumas combinações usando a junção “AND” (E) de palavras-chaves. Para haver uma maior seletividade e adequação ao trabalho, optou-se por restringir os resultados somente aos periódicos científicos, revisões e anais de congressos.

Os conjuntos de palavras-chave foram feitos a partir das que estão citadas na Tabela 1, que separa em: palavras essenciais (que não poderiam deixar de fazer parte, posto que representam o assunto da pesquisa); variáveis (o objeto dos estudos, que pode ser citado das três formas colocadas); específicas (que especificam o tipo de efluente tratado nas publicações, que não precisam estar juntos nas mesmas publicações). O primeiro conjunto de palavras-chave foi (bioaugmentation, biodegradation, wastewater e phenol); o segundo conjunto foi (bioaugmentation, biodegradation, wastewater treatment, phenol e effluent); e o terceiro foi (bioaugmentation, biodegradation, wastewater treatment, Oils and Greases). Não foi restrito o período, posto que os trabalhos científicos são recentes (produzidos por volta das duas últimas décadas).

Tabela 1. Palavras-chave utilizadas na pesquisa.

Essenciais	Variáveis	Específicas
Bioaugmentation, Biodegradation	Wastewater, Wastewater Treatment, Effluent	Phenol, Oils and Greases

Na seleção das publicações, foram aplicados os seguintes critérios de exclusão: a retirada das referências que não tinham o artigo completo disponível; aderência aos objetivos da pesquisa informacional. Os artigos que apareceram em mais de uma plataforma foram contabilizados somente uma vez.



Foi criada então, uma planilha no Microsoft Excel® de forma a classificar e organizar os artigos, possibilitando a elaboração de fazer gráficos que pudessem indicar a quantidade de publicações em períodos de três a quatro anos e posteriormente os países onde há a maior parte das publicações.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontradas diferentes quantidades de artigos para cada conjunto de palavras-chaves e para cada base de periódicos. O primeiro conjunto (Bioaugmentation, Biodegradation, Wastewater e Phenol) foi utilizado somente no Pubmed, resultando em 28 publicações. Dado à abrangência do conteúdo dos resultados encontrados com o conjunto anterior, que revelou bastantes artigos que destoavam ao escopo de interesse, a pesquisa foi restringida usando um segundo conjunto (bioaugmentation, biodegradation, wastewater treatment e phenol), resultando em 18 publicações na *Pubmed* (que já constavam na busca anterior). Ao fazer a busca em outras bases, um terceiro conjunto (bioaugmentation, biodegradation, wastewater treatment, phenol e effluent) foi utilizado para aperfeiçoar a busca, gerando ainda menos resultados que não se relacionassem com o objetivo da pesquisa. Assim, obteve-se 39 publicações na *Web Of Science* e 14 na *Scopus*. Diversos resultados se repetiram entre as bases, principalmente entre *Pubmed* e *Scopus*. Já no terceiro conjunto, que substitui fenóis por óleos e graxas (bioaugmentation, biodegradation, wastewater treatment, oils and greases), houveram poucos resultados, gerando 0 artigos na *Pubmed*, uma revisão na *Scopus* e três artigos na *Web of Science*.

Foram então excluídos capítulos de livros e foram computados somente os resultados de artigos científicos, revisões e publicações de congressos, conferências e simpósios. No total foram então consideradas 60 publicações, somadas de todas as bases. Aquelas que apareceram em várias bases foram contabilizadas somente uma vez, evitando duplicatas, e não houve necessidade de restringir um período de publicação, já que todas as publicações ocorreram por volta das duas últimas décadas, aumentando expressivamente ao longo dos anos, como pode ser notado no gráfico 01.

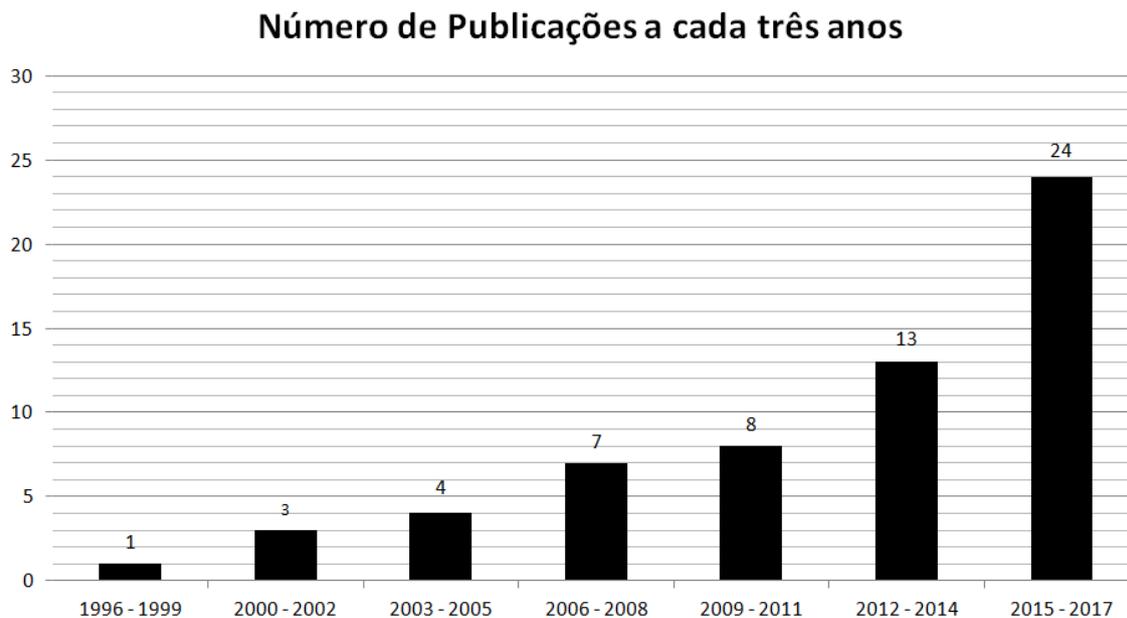
Das 60 publicações, 15 estavam indisponíveis (sem link para acesso ou apenas com acesso mediante pagamento) e 45 estavam disponíveis. Dentre as publicações disponíveis na íntegra, apenas 25 estavam aderentes aos objetivos do presente estudo. As outras 20 se subdividiam entre: estudos com enfoque na biodiversidade de microrganismos (09 artigos), os que apresentavam enfoque voltado ao desempenho do reator (03 artigos), os de remediação de solos (dois artigos), os de biorremediação somente (04 artigos), um que a bioaugmentação era para outros compostos e outro que o enfoque era na modelagem matemática.

Ao analisar os 25 artigos, pôde-se perceber que a maioria dos estudos realizados (22 deles) utilizam bactérias como bioaditivos na técnica de bioaugmentação. Apenas um dos trabalhos utilizava-se de fungos como



bioaumentadores no tratamento de efluentes. Os outros dois em que a bioaumentação não envolvia bactérias específicas ou fungos como bioaumentadores, utilizavam-se do lodo ativado, adaptado em laboratório e depois reintroduzido no efluente.

Gráfico 01. Número total de publicações dividido em períodos de três a quatro anos



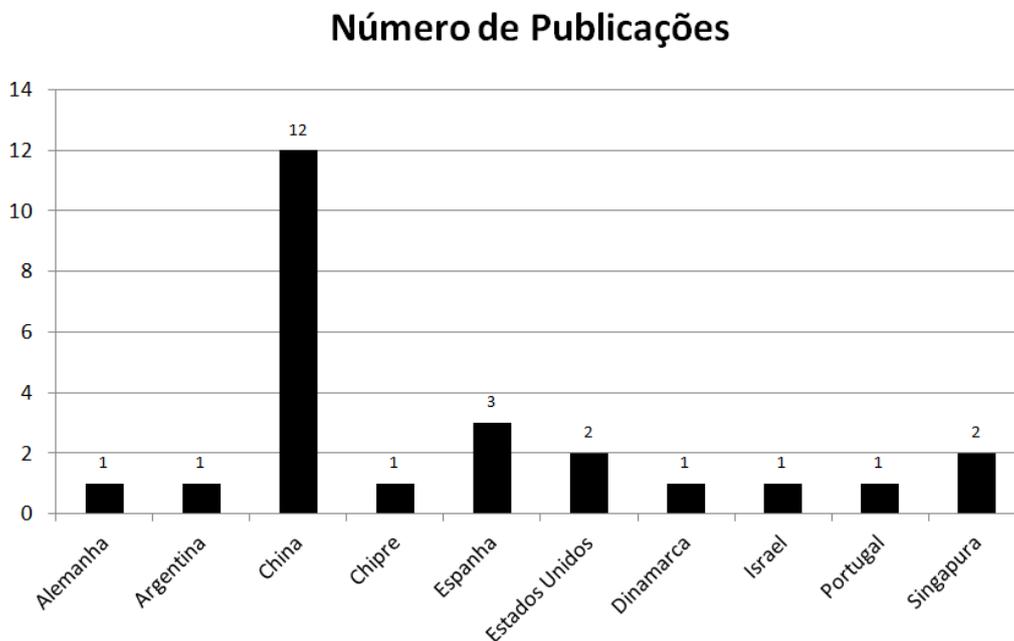
Em outra análise, foi observado os periódicos onde os trabalhos foram publicados. Poucos trabalhos do mesmo tipo foram realizados em uma mesma revista. Foram computadas 19 revistas e quase todas com uma ou duas publicações nas últimas décadas. A revista que possuiu mais trabalhos foi a *Bioresource Technology*, da editora Elsevier, que publicou 06 trabalhos entre 2008 e 2017.

Relativo aos países onde as pesquisas foram realizadas, verificou-se que dos 25 trabalhos que são focados na bioaumentação, 12 foram na China, sendo uma expressiva participação de pesquisadores chineses, enquanto nos outros países não foram identificados mais que três publicações, como demonstrado no Gráfico 02.

Em uma análise da bibliografia consultada como base para o referencial teórico, no artigo "*Bioaugmentation: An Emerging Strategy of Industrial - Wastewater Treatment for Reuse and Discharge*", Nzila *et al* afirmam que a China, como um país emergente, bastante populoso e com muitas indústrias, passou a ter a necessidade de investir em tecnologias de tratamento de efluentes diante da grande carga de efluentes nos últimos anos e necessidade de reuso de água.



Gráfico 02. Representação das publicações de acordo com seus países



4. CONCLUSÃO

O país com maior número de estudos publicados foi a China, sendo como a principal percussora dos trabalhos nesse âmbito, o que pode ser explicado pelo seu crescimento industrial e conseqüentemente, na descarga de efluentes, afetando os recursos hídricos.

Verificou-se que há também a necessidade de trabalhos que contemplem a eficiência do emprego da bioaugmentação nos processos de tratamentos de efluentes com compostos fenólicos e óleos e graxas, já que uma grande parte das produções científicas enfoca em outros aspectos, tais como usos muito específicos da bioaugmentação ou alterações na população dos microrganismos que atuam na biodegradação de matéria orgânica.

Portanto, fazem-se necessárias pesquisas que envolvam o desenvolvimento de processo e avaliação da eficiência do emprego dos aditivos biológicos para o tratamento de diferentes tipos de efluentes (inclusive em situações de carga de choque) e que se utilize diferentes tipos de aditivos biológicos.

5. REFERÊNCIAS

¹ PEARSON, A. **Gestão Ambiental**. 1ª Ed. Pearson Education Brasil, 2011.



- ² TCHOBANOGLOUS, G.; BURTON, F. L.; STENSEL, H. D. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. US : McGraw-Hill Higher Education. 2003. 4th Ed.
- ³ NZILA, A.; RAZZAK, S. A.; ZHU, J. Bioaugmentation: An Emerging Strategy of Industrial Wastewater Treatment for Reuse and Discharge (Review). **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.13, n.9, p. 846, 2016.
- ⁴ SENAI. **Tratamento de Efluentes**. 1^a Ed. Brasília: SENAI/DN, 2014.
- ⁵ CHEN, Y.; LAN, S.; WANG, L.; DONG, S.; ZHOU, H.; TAN, Z.; LI, X. A review: Driving factors and regulation strategies of microbial community structure and dynamics in wastewater treatment systems. **Chemosphere**, v. 174, p. 173-182, 2017.
- ⁶ HERRERO, M.; STUCKEY, D.C. Bioaugmentation and its application in wastewater treatment: A review. **Chemosphere**, v. 140, p.119-128, 2015
- ⁷ TANG, H.L.; CHEN, H. Nitrification at full-scale municipal wastewater treatment plants: Evaluation of inhibition and bioaugmentation of nitrifiers. **Biosource technology**, v.190, p.76-81, 2015.