



ESTUDO TECNOLÓGICO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES COM APLICAÇÃO DE MICROALGAS

Marianna da Silva Vicente

Monografia em Engenharia Química

Orientadoras

Prof^a. Fabiana Valéria da Fonseca, D.Sc.

Prof^a. Yordanka Reyes Cruz, D.Sc.

Agosto de 2017

ESTUDO TECNOLÓGICO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES COM APLICAÇÃO DE MICROALGAS

Marianna da Silva Vicente

Monografia em Engenharia Química submetida ao Corpo Docente da Escola de Química,
como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheira Química.

Aprovado por:

Felipe Valle do Nascimento, D.Sc.

Leonard Guimarães Carvalho, D.Sc.

Gisel Chenard Dias, D.Sc.

Orientado por:

Fabiana Valéria da Fonseca, D.Sc.

Yordanka Reyes Cruz, D.Sc.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil
Agosto de 2017

Ficha Catalográfica

De Vicente, Marianna da Silva.

Tratamento de Efluentes com Aplicação de Microalgas: Estudo Tecnológico/ Marianna da Silva Vicente. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2017.

xiii, 57 p.; il.

(Monografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2017.

Orientadores: Fabiana Valéria da Fonseca e Yordanka Reyes Cruz.

1. Estudo Tecnológico. 2. Tratamento de Efluentes 3. Microalgas. 4. Monografia (Graduação – UFRJ/EQ). 5. Fabiana Valéria da Fonseca, D.Sc.. 6. Yordanka Reyes Cruz, D.Sc.. I. Estudo Tecnológico de Tratamento de Efluentes com Aplicação de Microalgas.

À minha família pelo apoio incondicional na realização dos meus sonhos.

- Marianna da Silva Vicente

"Uma criança, um professor, um livro e uma caneta podem mudar o mundo."

(Malala Yousafzai)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao meu irmão, Jorge Victor, pela ajuda e paciência durante este trabalho.

Aos meus pais, Jorge e Elisabeth, por toda dedicação e amor e, principalmente, por acreditarem em mim. Muito obrigada.

Ao meu namorado, Felipe, que não desiste em me motivar diariamente e me lembrar que vai dar certo.

Às minhas orientadoras, Fabiana e Yordanka, pela compreensão, orientação e disponibilidade.

Aos meus amigos que cursaram matérias comigo na UFRJ, aos amigos da Fluxo, aos amigos do estágio no LASME e no BIOSE e aos amigos do intercâmbio que conheci durante essa trajetória e a fizeram mais divertida e prazerosa.

Por fim, agradeço a Deus, pela fé e paciência para alcançar meus objetivos.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE TECNOLOGIA
ESCOLA DE QUÍMICA



Resumo do Projeto Final apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheira Química.

ESTUDO TECNOLÓGICO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES COM
APLICAÇÃO DE MICROALGAS

Marianna da Silva Vicente

Agosto, 2017

Orientadoras: Prof^ª. Fabiana Valéria da Fonseca, D.Sc.
Prof^ª. Yordanka Reyes Cruz, D.Sc.

A utilização de microalgas no tratamento de efluentes residenciais e industriais tem sido visto como uma alternativa viável, uma vez que visa diminuir o custo de produção de biomassa de microalgas por conceito de substituição dos produtos químicos de alto custo, utilizados na formulação dos meios de cultivo. Devido à importância e relevância do tema, este trabalho usou a ferramenta de prospecção tecnológica para analisar a produção científica e patentária relacionada com o tratamento de efluentes utilizando microalgas. Informações úteis na geração de políticas, estratégias e na fundamentação de processos de tomada de decisão relacionadas com esta linha de pesquisa foram reunidas. Os dados de patentes foram utilizados na plataforma *Derwent World Patents Index*. A análise de evolução temporal de depósito de patentes mostrou que o tema está bem difundido e no quesito localidade, o grande interesse da China chamou atenção. No caso de artigos publicados, pesquisados na plataforma do *Science Direct*, observou-se um crescimento de publicações e intensa pesquisa na China e Espanha. As microalgas mais estudadas no tratamento de efluentes são a *Chlorella* e a *Scenedesmus* com outras microalgas em potencial para serem estudadas. A competição com outros microrganismos do meio também foi um ponto abordado. As análises apresentaram interesse principalmente nos efluentes residenciais e nos industriais e ainda, a utilização de efluentes da pecuária. Os objetivos principais dos processos de tratamento de efluentes, nas patentes e nos artigos foram mapeados.

Palavras-chave: *Tratamento de efluentes, microalga, estudo tecnológico, patentes, artigos.*

ÍNDICE

CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO	1
I.1 Justificativa.....	1
I.2 Estrutura do trabalho	2
I.3 Objetivos.....	3
I.3.1 Objetivo	2
I.3.2 Objetivos específicos.....	3
CAPÍTULO II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
II.1 Microalgas.....	3
II.1.1 Tipo de cultivo de microalgas	4
II.1.2 Condições nutricionais para cultivo de microalgas.....	6
II.2 Tratamento de efluentes	Erro! Indicador não definido. 8
II.2.1 Aplicação de microalgas em tratamento de efluentes	Erro! Indicador não definido. 9
II.3 Prospecção tecnológica	Erro! Indicador não definido. 10
II.3.1 Conceitos e objetivos	Erro! Indicador não definido. 10
II.3.2 Metodologias prospectivas.....	Erro! Indicador não definido. 12
CAPÍTULO III. METODOLOGIA	14
III.1 Metodologia do estudo tecnológico de patentes	Erro! Indicador não definido. 15
III.2 Metodologia do estudo tecnológico de artigos	Erro! Indicador não definido. 2
CAPÍTULO IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	Erro! Indicador não definido. 28
IV.1 Resultados e discussão do estudo tecnológico de patentes	Erro! Indicador não definido. 28
IV.1.1 Evolução temporal do pedido de depósito de patentes	Erro! Indicador não definido. 29
IV.1.2 Distribuição de patentes por localidade.....	Erro! Indicador não definido. 0
IV.1.3 Análise da presença de simbiose no processo de tratamento de efluentes	Erro! Indicador não definido.
IV.1.4 Espécies de microalgas descritas nas patentes para o tratamento de efluentes	Erro! Indicador não def
IV.1.5 Efluentes a serem tratados	Erro! Indicador não definido.
IV.1.6 Objetivos do processo de tratamento de efluentes.....	Erro! Indicador não definido. 36
IV.2 Resultados e discussão do estudo tecnológico de artigos	Erro! Indicador não definido. 38
IV.2.1 Evolução temporal na publicação de artigos	Erro! Indicador não definido. 38
IV.2.2 Distribuição de artigos por localidade	Erro! Indicador não definido. 9
IV.2.3 Análise da presença de simbiose no processo de tratamento de efluentes	Erro! Indicador não definido.
IV.2.4 Espécies de microalgas descritas nos artigos para o tratamento de efluentes	Erro! Indicador não def

IV.2.5 Tipos de efluentes a serem tratados	Erro! Indicador não definido.
IV.2.6 Objetivos no processo de tratamento de efluentes.....	Erro! Indicador não definido. 45
CAPÍTULO V. CONCLUSÕES.....	Erro! Indicador não definido.
CAPÍTULO VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

LISTA DAS ABREVIATURAS

DBO – DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

DQO – DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

DWPI – DERWENT WORLD PATENTS INDEX

OMPI – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL

LISTA DAS FIGURAS

Figura 1- Prospecção Tecnológica. Fonte: Adaptado de Pires Teixeira, 2013	12
Figura 2. Métodos, objetivos, vantagens e desvantagens da prospecção tecnológica (Pires Teixeira, 2013).....	14

LISTA DOS GRÁFICOS

Gráfico 1. Busca num total de 50 patentes, correspondentes ao intervalo de 2000 à 2017, com palavras-chaves “Scenedesmus” e “treatment”	16
Gráfico 2. Busca num total de 300 patentes, correspondentes ao intervalo de 2010 à 2017, com palavras-chaves “microalgae” e “treatment”	17
Gráfico 3. Busca num total de 300 artigos, correspondentes ao intervalo de 2007 a 2017	23
Gráfico 4. Evolução temporal dos pedidos de depósito de patentes considerando os anos de 2007 a 2017	29
Gráfico 5. Análise do pedido de patentes por países	30
Gráfico 6. Análise das patentes que apresentam simbiose no processo de tratamento de efluentes	32
Gráfico 7. Análise das espécies de microalgas utilizadas no processo de tratamento de efluentes descritas nas patentes	33
Gráfico 8. Análise dos tipos de efluentes tratados e descritos nas patentes	35
Gráfico 9. Avaliação dos principais objetivos do processo tratamento de efluentes nas patentes prospectadas	37
Gráfico 10. Evolução temporal da publicação de artigos considerando os anos de 2007 a 2017	39
Gráfico 11. Análise da publicação de artigos por países	40
Gráfico 12. Análise da publicação de artigos por continentes	41
Gráfico 13. Avaliação da presença de simbiose no processo de tratamento de efluentes nos artigos selecionados	42
Gráfico 14. Análise das espécies de microalgas utilizadas no processo de tratamento de efluentes descritas nos artigos	43
Gráfico 15. Análise dos tipos de efluentes tratados e descritos nos artigos	45
Gráfico 16. Avaliação dos principais objetivos do processo de tratamento de efluentes nos artigos prospectados	46

LISTA DAS TABELAS

Tabela 1. Comparação das características de diferentes tipos de cultivos de microalgas. Fonte: Elaborado com base em SUALI & SARBATLY (2012).....	6
Tabela 2. Palavras-chaves empregadas, patentes estudadas e patentes de interesse	16
Tabela 3. Países mais inovadores 2017 – Índice Global de Inovação. Adaptado de Exclusivo.com.br	31

Capítulo I – INTRODUÇÃO

I.1 Justificativa do trabalho

O progressivo esgotamento dos combustíveis de origem fóssil, os constantes aumentos nos preços dos mesmos e o aumento da poluição ambiental nas grandes cidades incentivam a busca por tecnologias de produção de energia proveniente de fontes renováveis que possibilitem a diminuição da dependência petrolífera e que atenuem os problemas ambientais resultantes do uso de combustíveis não renováveis (Rosenberg et al., 2008; Schenk et al., 2008). Nesse sentido, pesquisas referentes ao desenvolvimento de novas tecnologias para produção de biocombustíveis a partir de microalgas vêm sendo realizadas, considerando seu alto potencial para produção de energia (Mata et al., 2010; Chisti et al., 2007). No entanto, o processo ainda não foi explorado industrialmente devido ao alto custo de produção da biomassa de microalgas, tendo em vista a disponibilidade limitada e o custo dos nutrientes (Acién et al., 2012).

Nitrogênio e fósforo são os principais nutrientes para o crescimento de microalgas, além de CO₂. Estima-se que são necessários aproximadamente 5 toneladas de nitrogênio e 1 tonelada de fósforo para a produção de 100 toneladas de biomassa (Sepúlveda et al., 2015). A produção de fertilizantes a partir desses nutrientes também é limitada, sabe-se que na produção de 1 kg de NH₃ são consumidos mais de 10 kWh de energia. Como consequência, a utilização de fertilizantes como fonte de nutrientes reduz a sustentabilidade dos processos à base de microalgas (Lardon et al., 2009).

Por outro lado, nitrogênio e fósforo podem ser obtidos de efluentes, como águas residuais. Logo, a produção de microalgas com a utilização de efluentes é uma alternativa muito promissora que oferece vantagens ambientais e econômicas (Dong et al., 2014; Olguín et al., 2012; Pittman et al., 2011). O cultivo de microalgas pode ser em águas residuais residenciais ou em outros tipos de efluentes contaminados, como industriais e de pecuária. Ao mesmo tempo que ajuda no tratamento do esgoto (Godos et al., 2010; Cabanelas et al., 2013; Muñoz et al., 2006; Norsker et al., 2011), a produção de microalgas em águas residuais apresenta outras vantagens, uma vez que são capazes de remover matéria orgânica, metais pesados e matéria inorgânica (Hernández et al., 2002; Muñoz et al., 2006; Norsker et al., 2011) produzindo assim, efluentes mais limpos e com altas concentrações de oxigênio. Por fim, a depuração de águas residuais usando microalgas consome 0,52 MJ·m⁻³ em comparação

com o valor de $3,6 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$ dos sistemas convencionais, resultando em vantagens econômicas e processos sustentáveis (Sepúlveda et al., 2015).

Devido à importância e relevância do tema, neste trabalho pretende-se utilizar a ferramenta de prospecção tecnológica para analisar, através de mapeamento tecnológico, a produção científica e patentária relacionada com o tratamento de efluentes utilizando microalgas. Estas informações serão úteis na geração de políticas, estratégias e na fundamentação de processos de tomada de decisão relacionadas com esta linha de pesquisa.

O objetivo geral da prospecção tecnológica é identificar uma estratégia de pesquisa e tecnologias emergentes que tenham tendência de gerar maiores benefícios econômicos e sociais (SECTES/CEDEPLAR, 2009). Outra perspectiva considerada no processo de prospecção tecnológica é a análise do conjunto de fatores e atores envolvidos na etapa de criação da inovação, bem como as relações entre eles, visando prever potenciais tecnológicos e avaliar características e consequências das mudanças tecnológicas. Portanto, o processo envolve previsão de possíveis impactos econômicos, sociais ou ambientais (Tigre, 2006). As análises podem ser consideradas um processo de inteligência competitiva, e a partir de informações disponíveis em todo mundo, geram-se novos cenários e potenciais nichos de mercados.

Através destas análises, é possível mapear desenvolvimentos científicos e tecnológicos com potencial de atuação e influência significativa em determinada indústria, assim como destacar inovações tecnológicas no setor (Kupfer e Tigre, 2004). Em cenários de incerteza, decide-se inovar. Os estudos futuros de desenvolvimento de tecnologia, mercado, demanda de produtos e potenciais usos para as tecnologias podem ser imprevisíveis e a coleta de informações requer muito tempo e recursos investidos (Manual De Oslo, 2005).

I.2 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos. Uma breve descrição sobre cada capítulo é apresentada a seguir:

CAPÍTULO I – Introdução ao tema do trabalho, organização do texto e objetivos;

CAPÍTULO II – Revisão bibliográfica: apresenta conceitos necessários para o entendimento do assunto, abordando informações sobre microalgas, tratamento de efluentes e prospecção tecnológica;

CAPÍTULO III – Metodologia: aborda a metodologia empregada para o desenvolvimento do mapeamento tecnológico;

CAPÍTULO IV – Resultados e discussões: são apresentados os resultados da prospecção tecnológica por meio de gráficos e análise crítica dos mesmos;

CAPÍTULO V – Conclusões: considerações finais desta monografia;

CAPÍTULO VI – Referências Bibliográficas: enumera as fontes de informação utilizadas no estudo realizado.

I.3 Objetivos

I.3.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo geral reunir informações tecnológicas sobre aplicação de microalgas no processo de tratamento de efluentes.

I.3.2 Objetivos específicos

Dentre os objetivos específicos do presente trabalho enumeram-se os seguintes:

1. Analisar a evolução do cenário patentário mundial relacionado com o tema proposto;
2. Analisar artigos nacionais e internacionais que abordem o tema proposto;
3. Identificar tendências mundiais para a utilização de microalgas no processo de tratamento de efluentes.

Capítulo II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

II.1. Microalgas

As microalgas são organismos unicelulares e microscópicos que vivem em ambientes aquáticos e possuem uma característica particular: não são classificadas como plantas, mas são capazes de realizar fotossíntese e logo, seus processos biológicos envolvem luz e gás carbônico. Possuem a capacidade de se reproduzir rapidamente, aumentando sua biomassa e gerando óleo em grandes quantidades em pouco tempo.

Quando comparado a cultivos agrícolas tradicionais, a produção de microalgas pode ser de 10 a 100 vezes maior. Essa característica chamou atenção dos pesquisadores do setor de energia, em particular os de biocombustíveis, que necessitam de grandes quantidades de matérias-primas renováveis.

Algumas espécies produzem óleos com compostos de grande interesse econômico, como o ômega 3, ômega 6 e os carotenóides. Portanto, as microalgas tem seu espaço nas indústrias e atendem a diferentes tipos de mercado, principalmente aos que pagam caro por matérias-primas, como é o caso da indústria cosmética e a de suplementos alimentares.

Segundo dados da EMBRAPA (2017), existem pelo menos 4 empresas no Brasil produzindo microalgas. Na região Nordeste, duas têm foco em nutrição humana e animal e as outras duas, encontradas no interior de São Paulo, atendem as indústrias de ração animal e cosmética e ainda, projetos de tratamento de efluentes. Vale ressaltar que o setor ainda pode se desenvolver com o estudo de novas tecnologias futuramente. Uma das preocupações é a diminuição do custo de produção já que um dos principais mercados, o de biocombustíveis, necessita de grandes volumes e preços reduzidos.

II.1.1 Tipos de cultivo de microalgas

As características de crescimento e a composição das microalgas são significativamente dependentes do tipo de cultivo, sendo o fototrófico, heterotrófico, mixotrófico e fotoheterotrófico os principais tipos utilizados no cultivo de microalgas (Ahmad et al., 2011; Amaro et al., 2011).

O cultivo fototrófico ocorre quando a microalga usa luz, por exemplo a luz solar, como fonte de energia e carbono inorgânico, por exemplo o CO₂, como fonte de carbono para produzir energia química através do processo de fotossíntese (Huang et al., 2010).

Este tipo de cultivo tem uma vantagem ambiental, uma vez que o dióxido de carbono atmosférico, principal contribuinte do efeito estufa, pode ser utilizado na produção de biomassa microalgácea para o desenvolvimento de biocombustíveis, o que ocasionaria um balanço energético favorável. Principalmente por este motivo, o cultivo fototrófico é o tipo mais comumente usado para o crescimento de microalgas (Yoo et al., 2010).

MATA e colaboradores (Mata et al., 2010) relataram que o teor lipídico em microalgas pode variar de 5 a 60%, dependendo da espécie, quando cultivadas fototroficamente.

No entanto, intensidade de luz e suprimento de CO₂ insuficientes são sempre questões problemáticas para o cultivo fototrófico. Em sistemas de cultivos abertos, a limitação é decorrente principalmente do fotoperíodo. Além disso, uma distribuição irregular da intensidade de luz afeta a produtividade em biomassa. Na literatura, raramente são reportadas

concentrações finais de biomassa que ultrapassem $2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ (Azma et al., 2011; Zheng et al., 2012).

Alguns autores alegam que a suplementação com CO_2 poderia aumentar as produtividades em biomassa e lipídeos, já que sua concentração na atmosfera é baixa (Ishida et al., 2000; Muraduan et al., 2004). Entretanto, é importante construir sistemas que impeçam a perda do excesso de CO_2 . Ainda assim, deve-se levar em consideração que o acúmulo do oxigênio formado no processo de fotossíntese, uma vez que à medida que se aumenta a absorção de CO_2 , aumenta-se a produção de O_2 , que atua como inibidor das hidrogenases, enzimas responsáveis pela produção de hidrogênio necessário à produção de lipídeos. Com isso, o aumento de CO_2 pode acarretar na redução da produção de lipídeos (a.Sualli et al., 2012).

Algumas espécies de microalgas podem não só crescer sob condições fototróficas, mas também podem utilizar carbono orgânico na ausência de luz. Neste caso, no qual as algas usam o carbono orgânico tanto como fonte de energia quanto como fonte de carbono, o cultivo é chamado de heterotrófico (Huerlimann et al., 2010; Xiong et al., 2008).

O cultivo heterotrófico evita problemas associados à limitação de luz e tem apresentado resultados relevantes na produção de biomassa microalgácea, sendo os rendimentos significativamente superiores aos do cultivo fototrófico (Huang et al., 2010).

XU e colaboradores (2006) obtiveram um aumento de 40 % no teor lipídico quando alterou o tipo de cultivo de uma *Chlorella protothecoides* de fototrófico para heterotrófico.

A escolha pelo metabolismo heterotrófico é questionada no sentido de ser necessária a adição de uma fonte de carbono orgânica, o que pode acarretar custos elevados se a mesma tiver que ser comprada e, com isso, inviabilizar a produção de biocombustíveis a partir de microalgas (Feng et al., 2011; Liang et al., 2013).

No cultivo mixotrófico, a microlaga é submetida à fotossíntese e usa compostos orgânicos e inorgânicos (CO_2) como fonte de carbono para o crescimento. Assim, a microlaga está apta a viver tanto em condições fototróficas quanto em heterotróficas. Ao utilizar compostos orgânicos, a microlaga libera CO_2 via respiração e este é absorvido e utilizado sob cultivo fototrófico (Mata et al., 2010).

No cultivo fotoheterotrófico, a microalga requer luz quando usa compostos orgânicos como fonte de carbono. A principal diferença entre o mixotrófico e o fotoheterotrófico é que neste último somente a luz é usada como fonte de energia. Além disso, no fotoheterotrófico, a luz e as fontes orgânicas são necessárias ao mesmo tempo. Embora a produção de alguns metabólitos regulados pela intensidade de luz possa ser aumentada em cultivo

fotoheterotrófico, a aplicação deste tipo de cultivo para produção de biodiesel é muito rara, assim como o caso de cultivo mixotrófico. Além disso, ambos tipos de cultivo são limitados por risco de contaminação e exigência de luz e pode exigir um fotobiorreator de grande escala especial, aumentando demasiadamente o custo de operação (Sualli et al., 2012).

Na Tabela 1 estão sumarizadas as principais características de cada tipo de cultivo.

Tabela 1. Comparação das características de diferentes tipos de cultivos de microalgas. Fonte: Elaborado com base em SUALI & SARBATLY (2012).

	Fototrófico	Heterotrófico	Mixotrófico	Fotoheterotrófico
Fonte de energia	Luz	Orgânica	Luz e orgânica	Luz
Fonte de carbono	Inorgânica	Orgânica	Inorgânica e orgânica	Orgânica
Densidade celular	Baixo	Alto	Médio	Médio
Tipo de reator	Aberto ou fotobiorreator	Fermentador convencional	Fotobiorreator fechado	Fotobiorreator fechado
Custo	Baixo	Médio	Alto	Alto
Principais desvantagens	Baixa densidade Contaminação em sistema aberto	Alto custo de substrato Risco de contaminação	Alto custo de substrato e equipamento Risco de contaminação	Alto custo de substrato e equipamento Risco de contaminação

II.1.2 Condições nutricionais para o cultivo de microalgas

A produção de lipídios e as concentrações de diferentes ácidos graxos em microalgas também são influenciadas pela composição do meio de cultura. Frequentemente, o aumento no acúmulo de ácidos graxos é descrito como consequência aos efeitos da limitação de nutrientes e do tempo de cultivo (Mata et al., 2010).

Em condições limitantes de crescimento, verifica-se uma queda na divisão celular, na taxa fotossintética e na síntese de proteínas. A energia fotossintética é desviada da divisão celular para o acúmulo de carboidratos e síntese de lipídeos, ocorrendo também um aumento da síntese de enzimas específicas para a absorção de nutrientes (2014).

Por outro lado, Huerlimann e colaboradores (2010) verificaram um aumento do conteúdo de algumas classes lipídicas na fase exponencial de *Rhodomonas sp.* e *Isochrysis sp.* cultivadas em meio K^+ e sob $250 \mu\text{moles de f\u00f4tons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Usualmente, as microalgas apresentam uma pequena produ\u00e7\u00e3o de lip\u00eddeos durante a fase exponencial, geralmente polares e poliinsaturados, com um aumento na s\u00edntese quando as culturas alcan\u00e7am a fase estacion\u00e1ria de crescimento, predominando os apolares (Piorreck et al., 1984).

Na composi\u00e7\u00e3o das microalgas, al\u00e9m do carbono (C), est\u00e3o presentes pelo menos 19 elementos qu\u00edmicos. Alguns s\u00e3o necess\u00e1rios em concentra\u00e7\u00f5es na ordem de miligramas por litro, como H, N, O, P, S, K, Na, Ca e Mg. Outros podem ser detectados como elementos tra\u00e7os ou micronutrientes e normalmente s\u00e3o requeridos em concentra\u00e7\u00f5es de nanogramas a microgramas por litro, como Si, Fe, Mn, Mo, Cu, Co, Zn, B e Va. Esses micronutrientes s\u00e3o incorporados em mol\u00e9culas org\u00e2nicas essenciais, como em uma variedade de coenzimas (CoA, cobamamida e etc) que participam de rea\u00e7\u00f5es primordiais \u00e0 vida da c\u00e9lula (Reynolds, 2006).

Os macronutrientes formam os constituintes estruturais das biomol\u00e9culas, da membrana citoplasm\u00e1tica e do meio intracelular, e ainda participam dos processos energ\u00e9ticos e de regula\u00e7\u00e3o metab\u00f3lica. A aus\u00eancia ou insufici\u00eancia destes micronutrientes pode causar danos afetando algumas fun\u00e7\u00f5es vitais desses microrganismos (Louren\u00e7o et al., 2006).

Dentre os nutrientes mais importantes est\u00e3o o f\u00f3sforo (P) e o nitrog\u00eanio (N), que existem no ambiente aqu\u00e1tico de diversas formas, podendo estar dissolvidos, particulados ou na forma bi\u00f3tica. Entretanto, apenas a forma dissolvida \u00e9 diretamente dispon\u00edvel para o crescimento das microalgas. V\u00e1rias esp\u00e9cies ainda necessitam de quantidades \u00ednfimas de compostos org\u00e2nicos para o seu crescimento, como as vitaminas (Louren\u00e7o et al., 2006).

O f\u00f3sforo \u00e9 um importante fator limitante ao crescimento de microalgas, pois \u00e9 essencial aos processos celulares como a transfer\u00eancia de energia (ATP) e a bioss\u00edntese de \u00e1cidos nucl\u00e9icos, fosfolip\u00eddeos, DNA, etc, influenciando na composi\u00e7\u00e3o da biomassa. O ortofosfato inorg\u00e2nico (PO_4^{-3}) \u00e9 a forma i\u00f4nica de f\u00f3sforo de uso preferencial pelas microalgas e sua absor\u00e7\u00e3o \u00e9 dependente de energia. Portanto, esta \u00e9 a fonte de f\u00f3sforo mais utilizada nos meios de cultura. Existem outras fontes de f\u00f3sforo inorg\u00e2nico que podem ser absorvidas pelas microalgas, como o fosfato di\u00e1cido ou didrogenofosfato (H_2PO_4^-) e o fosfato \u00e1cido ou hidrogenofosfato (HPO_4^{-2}) que s\u00e3o esp\u00e9cies provenientes do \u00e1cido ortofosf\u00f3rico (H_3PO_4) (Salazar, 2015).

As vitaminas s\u00e3o compostos org\u00e2nicos essenciais ao funcionamento do metabolismo e muitas podem ser encontradas como co-fatores de enzimas, desempenhando a fun\u00e7\u00e3o de

coenzimas, que apresentam papéis vitais tanto para manutenção e crescimento quanto para acúmulos de biomoléculas na célula. Dentre elas, destaca-se a biotina, coenzima que catalisa reações de ativação e transferência de CO₂; a cobalamina (B12), coenzima que catalisa reações de isomerização e transferência de grupos metil; e tiamina (B1), coenzima que catalisa reações de ativação e transferência de aldeídos (Alberts et al., 2010).

Alguns processos biotecnológicos com microalgas almejam alcançar altos rendimentos em biomassa e para isso devem-se escolher os nutrientes e parâmetros físico-químicos adequados, levando em consideração o habitat natural das espécies para determinar as necessidades básicas para seu crescimento. Em contrapartida, algumas aplicações biotecnológicas visam condições de estresse para otimizar a biossíntese de biocompostos específicos, como os ácidos graxos. Os fatores de estresse mais estudados são as concentrações de certos nutrientes, intensidade luminosa, temperatura, salinidade e pH. A limitação de nutrientes nos meios de culturas afeta em grandes proporções a composição química das algas, assim como sua taxa de crescimento (Randann et al., 2008).

Em estudos realizados com microalgas cultivadas em baixas concentrações de nitrogênio, Piorreck e colaboradores (1984) observaram um aumento no conteúdo lipídico dessas microalgas sem, no entanto, alterar o perfil lipídico e de ácidos graxos. Em culturas de *Chlorella*, nas quais a divisão celular cessou devido à falta de nitrogênio no meio de cultura, o conteúdo lipídico das células aumentou de 28% para 70%, coincidente com um decréscimo no conteúdo protéico de 30% para 8% (Round, 1973). A maioria dos meios de cultivo utilizados para facilitar o acúmulo de lipídeos nas microalgas são meios modificados a partir dos conhecidos como BG-11 (Rippka et al., 1979) e como BOLD 3N (Bold, 1949).

II.2 Tratamento de efluentes

O processo de tratamento de efluentes é constituído por três etapas principais: tratamento físico, tratamento químico e tratamento biológico. O tratamento físico tem por objetivo eliminar sólidos grosseiros, sem alterar muito a demanda química de oxigênio (DBO). A etapa química consiste no ajuste de pH e eliminação de agentes patológicos. Por fim, o processo biológico visa a remoção de matéria orgânica do efluente através de processos de oxidação e síntese de células (Von Sperling, 2005). Essa etapa do processo é importante para a remoção de matéria orgânica no efluente (Braile, 1979).

Diversas técnicas podem ser utilizadas no processo de tratamento do efluente, como lodos ativados, técnica de valo de oxidação, leitos percolares e lagoas. Segundo Branco

(1971), no processo de lodos ativados há uma alta concentração de microrganismos mantidos em tanques de aeração e com a recirculação dos lodos, há uma redução no tamanho total do reator biológico. A técnica de valo de oxidação engloba longos períodos de aeração, maiores que os tempos adotados em lodos ativados convencionais, se aproximando da estabilização total (Hess, 1971). Leitos percoladores utilizam um material altamente permeável para o leito de percolação, onde o efluente tratado percola no sentido vertical, de cima para baixo. É formado no material de enchimento do leito uma película gelatinosa, sendo esta massa biológica, retirada a matéria orgânica a ser decomposta (Sobrinho, 1983). Existem ainda sistemas de lagoas que podem ser classificadas como facultativas, caracterizadas pela DBO solúvel e estabilizada aerobiamente por bactérias dispersas no meio líquido. A DBO suspensa tende a sedimentar, sendo a mesma convertida aerobiamente por bactérias no fundo das lagoas.

A presença de matéria orgânica e nutrientes inorgânicos resulta no aumento de respiração nos corpos aquáticos e aumento da fotossíntese. Esse processo é chamado eutrofização e impacta diretamente no processamento de energia de alto metabolismo (Beyers e Odum, 1994). Como consequência, há um aumento de biomassa e produção primária de fitoplâncton, ameaça e diminuição da diversidade de espécies aquáticas, diminuição da concentração de oxigênio dissolvido na água e na concentração de íons, aumento do fósforo total nos sedimentos e maior frequência do florescimento de cianofíceas (Tundisi, 1986).

No caso de efluentes residenciais, é necessário o desenvolvimento de mecanismos menos onerosos, como a utilização de microrganismos, sendo estes microalgas, que podem ser encontrados em processos de lagoas de maturação para tratamento de efluentes em pequenos municípios e como uma alternativa mais econômica e financeiramente viável. Esta técnica está sendo estudada e novos processos e metodologias vem sendo desenvolvidos, sendo um processo de sucesso com efluentes de suinocultura. Os efluentes gerados na indústria de suínos é aproximadamente 10.000 a 52.000 mg·L⁻¹ (Oliveira et al., 1993), um valor alto quando comparada à DBO de esgotos residenciais de aproximadamente 200 a 500 mg/L (Zanotelli et al., 2002) e portanto, 5 a 260 vezes maior. A utilização de microalgas atinge taxas de redução de aproximadamente 70% para compostos inorgânicos de nitrogênio e fósforo que são os principais causadores do processo de eutrofização em corpos hídricos (Lima de Araújo e Pasqualetto, 2017).

II.2.1 Aplicação de microalgas em tratamento de efluentes

Devido às determinações de legislação ambiental, ao interesse em reduzir custos através do reuso de efluentes gerados na indústria e ao desejo de uma imagem positiva do empreendimento, algumas empresas começaram a buscar soluções eficazes para lidar com a questão.

Microalgas podem ser cultivadas em resíduos líquidos, efluentes, proveniente de águas residuais do esgoto doméstico e industrial (Hidaka et al., 2014; Yu et al., 2017). A biomassa de microalgas tem significativo interesse econômico uma vez que pode ser usada como matéria-prima renovável nos setores da indústria de alimentos, como em rações para pecuária, indústria cosmética, no desenvolvimento de aditivos e na produção de biocombustíveis. Ainda pode ser utilizada em outros setores menos estudados até o presente momento, como na medicina, especificamente em tratamentos de pele.

A Embrapa Agroenergia do Distrito Federal (2017) cultivou espécies de microalgas no Brasil em efluentes de vinhaça, efluente gerado na produção de açúcar e etanol de cana, e no Pome, efluente gerado no processamento de dendê. Atualmente esses efluentes são utilizados para a fertirrigação das plantações, já que são ricos em nutrientes. Entretanto, uma alternativa viável é utilizar esses efluentes como meio para o crescimento de microalgas. Desse modo, agrega-se valor as cadeias produtivas de cana e dendê com a geração de biomassa e lipídios para a produção de biocombustíveis e bioprodutos.

II.3 Prospecção tecnológica

II.3.1 Conceitos e objetivos

Primeiramente, faz-se necessário uma análise conceitual sobre prospecção tecnológica. No Brasil, alguns termos são usados de maneira similar sendo eles “prospecção, estudos do futuro e prospectiva”. Por outro lado, os termos adotados internacionalmente são *forecast(ing)*, *foresight(ing)* e *future studies*, conforme Coelho (2003). Entretanto, Kupfer e Tigre (2004) definem “a prospecção tecnológica como um meio sistemático de mapear desenvolvimentos científicos e tecnológicos capazes de influenciar de forma significativa uma indústria, a economia ou a sociedade como um todo”. No caso de inovação tecnológica não existe um futuro único e sim, futuros possíveis, devido à influência das ações do presente. As análises de prospecção auxiliam os líderes a aproveitar as oportunidades e enfrentar ameaças futuras, com o objetivo de alcançar a visão planejada.

Coelho (2003) define o termo prospecção tecnológica oriundo de exercícios de prospecção com foco na capacidade funcional ou no tempo e com o significado de inovação.

O objetivo é adotar informações do processo de gestão tecnológica, fazendo previsões para o futuro da tecnologia e levando em consideração condições externas que afetam suas metas estabelecidas. A prospecção tecnológica auxilia líderes a adotarem posições estratégicas e avaliando-se do ponto de vista evolucionista, significa garantir uma vantagem competitiva e sobreviver com os departamentos de pesquisa e desenvolvimento e outras áreas impactadas pela mesma.

Considerando outra perspectiva, de acordo com o SECTES/CEDEPLAR (2009), a prospecção tecnológica se baseia na visão sistêmica do futuro a longo prazo da ciência, tecnologia, economia e sociedade, com o objetivo de identificar as áreas de pesquisas estratégicas e as tecnologias emergentes que tenham tendência de gerar benefícios sociais e econômicos.

No ponto de vista de Tigre (2006), a prospecção tecnológica envolve uma série de esforços sistemáticos que analisam um grupo de atores e fatores envolvidos no processo de inovação e criação, considerando as inter-relações e tentando fazer previsões e identificar potenciais, evoluções e quaisquer efeitos da mudança tecnológica. É uma aposta de como a tecnologia irá se comportar no futuro, do ponto de vista de utilização, inovação e aceitação da tecnologia. Nesse caso, é importante agregar a previsão de possíveis impactos sociais, ambientais, econômicos e institucionais da mesma. Portanto, a prospecção carrega um elevado grau de subjetividade estando sujeita à muitos critérios e incertezas, cabendo uma verificação.

A decisão de inovar ocorre num cenário de previsões e logo, os desenvolvimentos futuros em conhecimento e tecnologia, mercados, demanda de produtos e potenciais usos para a tecnologia final podem ser incertos, sabendo-se ainda que isso depende de muitos fatores, como ciclo de vida do produto e situação do setor. A implementação de novos processos organizacionais, o lançamento de um novo produto ou serviço e a adoção de um novo processo também apresentam incertezas e o tempo e recursos gastos na busca e coleta de informações podem ter um alto investimento (Manual De Oslo, 2005). Abaixo, pode-se observar os objetivos gerais e específicos da prospecção tecnológica.

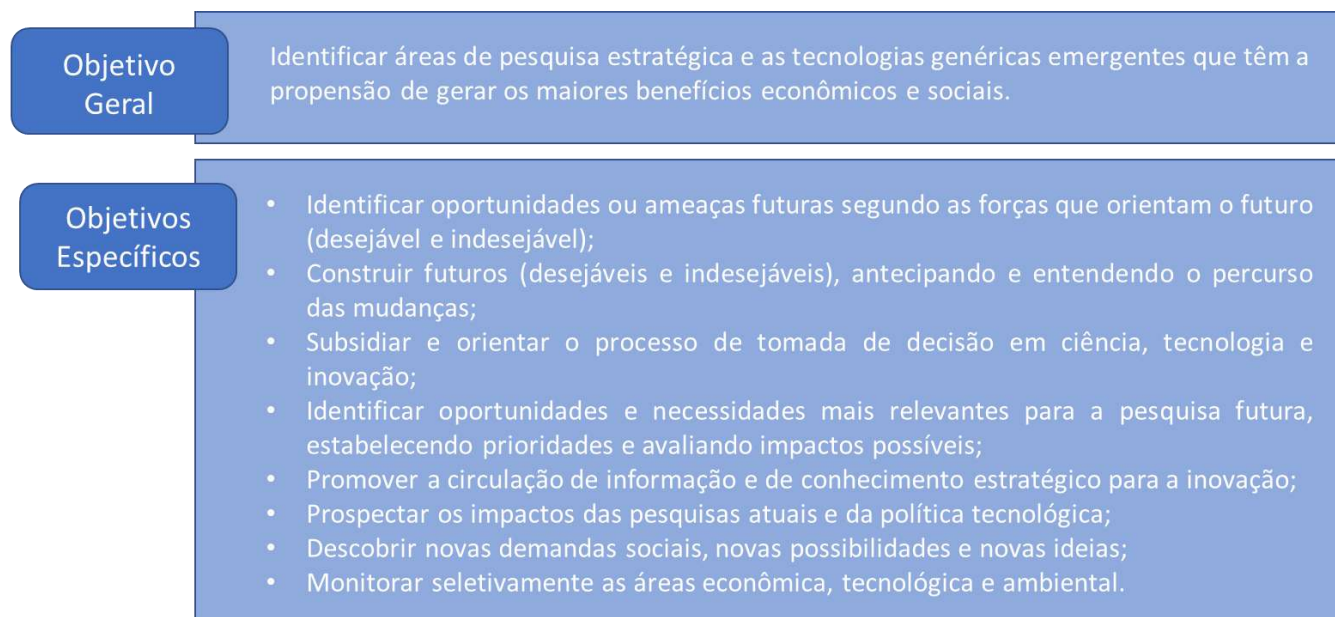


Figura 1. Prospecção Tecnológica. Fonte: Adaptado de Pires Teixeira, 2013.

II.3.2 Metodologias prospectivas

Devido às percepções individuais a respeito do futuro, que é incerto, existem uma variedade de métodos de análises e técnicas de prospecção tecnológica complementares.

Recomenda-se a utilização de mais de um método, técnica ou ferramenta no estudo de prospecção (Coelho, 2003) já que o uso simultâneo e combinado de diversas técnicas e métodos reduz as dificuldades encontradas no estudo de prospecção e as dificuldades de cada técnica podem ser reduzidas com a aplicação de outras. Portanto, a complementariedade de métodos, técnicas e ferramentas implica num maior conhecimento para a previsão de um futuro favorável.

Três abordagens para estudos prospectivos foram enumeradas por Kupfer e Tigre (2004):

- **Abordagem convencional:** Baseada na idéia central que o futuro tende a se reproduzir sem grandes rupturas ou discontinuidades. Utiliza “extrapolação de tendências” que são realizadas a partir de modelos teóricos ou empíricos da realidade e construção de antecedentes passados do problema como analogia.
- **Abordagem lógica:** Gera sistematicamente cenários alternativos, projetados via contraposição de determinados parâmetros ou variáveis.

- Outra abordagem lógica: Considera a construção do futuro por consenso, intuição ou cognição coletiva baseada nas visões subjetivas de especialistas ou de outros grupos capazes de refletir sobre os objetos do exercício de prospecção.

Uma série de metodologias de prospecção derivam dessas abordagens e podem ser classificadas em três grupos principais, segundo Mayerhoff (2008) e Kupfer e Tigre (2004):

- *Assessment*: Monitoramento sistemático e contínuo da evolução dos fatos e estudo de fatores que impactam nas mudanças.
- *Forecasting*: Projeções baseadas em informações históricas, modelagens e tendências prevendo a probabilidade do desenvolvimento futuro de tecnologias atuais através de extrapolações de tendência e quantificações.
- *Foresight*: Antecipação de possibilidades futuras baseado nas construções subjetivas de especialistas, com a particularidade de cada um ser baseado em seu próprio conhecimento. Considera a evolução do futuro a partir de conjugação de ações do presente e do passado.

Na Figura 2, observa-se uma descrição detalhada dos principais métodos, técnicas e ferramentas de prospecção mais utilizadas segundo Coelho (2003), apresentando uma lista com os principais métodos, descrevendo seus objetivos e vantagens e ou desvantagens.

Figura 2. Métodos, objetivos, vantagens e desvantagens da prospecção tecnológica (Pires Teixeira, 2013).

Métodos de prospecção	Objetivos	Vantagens /Limitações
1. Monitoramento e Sistemas de Inteligência * Inteligência Competitiva Tecnológica	* Identificar ameaças potenciais, oportunidades possíveis e direção de tendências relativas à tecnologia em foco * Manter a base de informação de interesse da organiza para a organização e tomadores de decisão	* Ajuda a moldar o cenário no qual a tecnologia e a organização inserem-se * Método deve ser complementado com outras análises prospectivas
2. Análise de Tendências * Análise de regressão * Curvas S * Curva de aprendizado	* Construir um cenário possível baseado na hipótese de que os padrões do passado serão mantidos em momentos futuros, particularmente de curto prazo	* Quando há parâmetros bem quantificados, fornece previsões precisas no curto prazo * É uma análise mais vulnerável em previsões de longo prazo e quando ocorrem mudanças bruscas
3. Opinião de Especialistas * Método Delphi * Painel de Especialistas * Tecnologias Críticas * Surveys * Avaliação Individual * Seminários/Workshops/Comitês	* Construir uma visão de futuro baseada em informações qualitativas, utilizando-se da lógica subjetiva e de julgamento de pessoas com grande conhecimento e familiaridade com o tema em pauta	* Deve ser usada quando não se pode obter informações quantitativas ou para complementar análises de tendências * Pode haver divergências entre especialistas da mesma área
4. Construção de Cenários * Matriz SWOT * Matriz BCG (Boston Consulting Group) * GBN (Global Business Network)	* Ordenar sistematicamente percepções sobre ambientes futuros alternativos, com base em combinações de condicionamentos e variáveis	* Incorpora uma grande variedade de informações quantitativas e qualitativas que ajudam os gestores nas tomadas de decisão * Pode ser difícil obter as informações desejadas
5. Métodos Computacionais/Ferramentas Analíticas * Modelagem * Simulação * Análises de patentes/recursos gastos em P&D * Análises multicritério * Análises Road Map (Mapas Tecnológicos) * Análises de conteúdo * Data mining/Text Mining/Cientometria/Bibliometria	* Incorporar diversos eventos (sociais, políticos, tecnológicos e econômicos) em modelos de análise, permitindo tratamento analítico a uma grande quantidade de informações (quantitativas e qualitativas)	* Uma vantagem é a facilidade e rapidez na obtenção dos resultados pelo uso de modelos computacionais * O risco no uso destas ferramenta é utilizar pressupostos essenciais aos modelos de forma inadequada à realidade e de pouca aplicabilidade

De acordo com a Figura 2, é possível observar que o monitoramento, o sistema de inteligência competitiva e os exercícios de análise de tendências geram previsões futuras baseadas em fatos do presente.

Capítulo III – Metodologia

Dentre as metodologias mencionadas na Figura 2, a escolhida para a abordagem neste estudo é a Análise de Patentes e a Análise de Artigos, considerando a prospecção em bases internacionais de patentes e artigos com quantidade suficiente de informação a ser levantada.

A avaliação da estatística de patentes é diretamente relevante para a mensuração da inovação (Pires Teixeira, 2013). Segundo Coelho (2003), a análise “é baseada no pressuposto de que o aumento do interesse por novas tecnologias se refletirá no aumento da atividade de P&D e que isso, por sua vez, se refletirá no aumento do depósito de patentes. Assim, presume-se que é possível identificar novas tecnologias pela análise dos padrões dos pedidos

de patentes em determinados campos. Os resultados são muitas vezes apresentados de forma quantificada, mas seu uso no processo decisório é baseado numa avaliação qualitativa”.

Desse modo, este capítulo aborda a prospecção tecnológica em bases de patentes e artigos do tema de Utilização de Microalgas no Processo de Tratamento de Efluentes. O presente estudo tecnológico foi feito em bases internacionais, gerando informações sobre tendências e interesse econômico e ambiental do mercado mundial na aplicação de microalgas.

III.1 Metodologia do estudo tecnológico de patentes

A metodologia de pesquisa, empregada com o objetivo de mapear patentes dentro do tema de Utilização de Microalgas no Processo de Tratamento de Efluentes, consistiu em uma busca por palavras-chaves na base de dados Derwent World Patents Index (DWPI), acessada pelo periódico CAPES no sistema Intranet/UFRJ.

A clareza na descrição da novidade da invenção, fornecidas nos títulos e resumos das patentes, é considerada uma vantagem na utilização da base de dados DWPI. Por ser uma base internacional, a base ainda fornece uma visão bem abrangente da atividade de mercados emergentes e crescentes, fornecendo uma coleção a nível mundial de dados de patentes globais em inglês. De acordo com o site sobre informações da plataforma (clarivate.com/products/derwent-world-patents-index/), aproximadamente 50 autoridades cobrem mais de 30 idiomas e quase 75% dos registros extraídos na DWPI são originários de registros de patentes que não são ingleses. Os registros baseados na invenção permitem a visão de proteção global de uma única invenção, em vez de registro por patente. Isso resulta em um menor tempo de pesquisa de patentes e evita a consulta de invenções duplicadas, aspectos garantidos pelo sistema de família de patentes da DWPI.

Em consulta na Derwent, no periódico CAPES, as palavras-chaves selecionadas para uma busca básica no início da pesquisa foram “treatment” e “microalgae” e ainda, “Scenedesmus” e “treatment”, correspondentes ao período de 2000 até 2017. Essa etapa foi importante para verificar o interesse mundial no tema escolhido. Ainda foram utilizadas outras combinações de palavras-chaves, sendo estas “microalgae, Scenedesmus e *eutrophisation*” na área de microalgas e “*effluent treatment, effluente e treatment*” para abranger a parte de tratamento de efluentes.

Tabela 2. Palavras-chaves empregadas, patentes estudadas e patentes de interesse.

Palavras-chaves empregadas	Patentes estudadas	Patentes de interesse
<i>“scenedesmus and treatment”</i>	50	28
<i>“treatment and microalga”</i>	30	10

Das 50 patentes avaliadas num primeiro momento, identificaram-se 28 (56%) que utilizam microalgas nos sistemas de tratamento de efluentes e 22 (44%) que não utilizam microalgas no tratamento de efluentes.

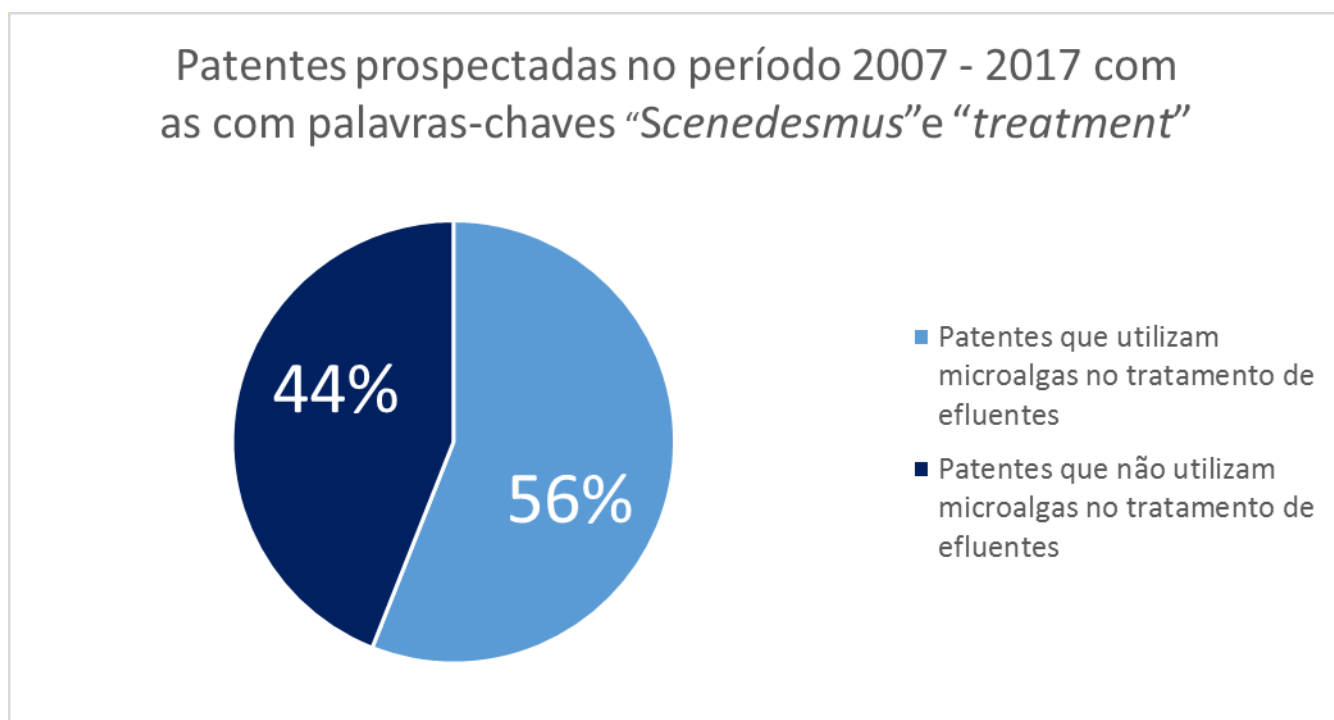


Gráfico 1. Busca num total de 50 patentes, correspondentes ao intervalo de 2000 à 2017, com palavras-chaves “*Scenedesmus*” e “*treatment*”.

O gráfico acima indica que há um interesse mundial no tema seleccionado e logo, o estudo foi realizado conforme descrito a seguir.

Foram analisadas 300 patentes na base de dados do DWPI, com as palavras-chaves “*microalgae*” e “*treatment*”, entre os anos de 2007 e 2017. Além das palavras-chaves, a pesquisa considerou algumas áreas na pesquisa de patentes: Química, Biotecnologia aplicada à Microbiologia, Recursos Aquáticos, Engenharia e Farmacologia e Farmácia.

Das 300 patentes prospectadas, 144 (48%) foram utilizadas no presente trabalho por estar relacionadas com o tema de Utilização de Microalgas no Tratamento de Efluentes e 156 (52%) foram descartadas, por não tratar o tema de interesse.



Gráfico 2. Busca num total de 300 patentes, correspondentes ao intervalo de 2010 à 2017, com palavras-chaves “*microalgae*” e “*treatment*”.

Abaixo, observa-se o número e o título das patentes prospectadas.

Número da Patente	Nome da Patente
CN206143033-U	Thallose two-step wastewater treatment device comprises sewage tank, bacteria processing tank, flocculation tank, two-way water pump, algae seeding tank, aeration device, submarine lamp, filtering plate, and collecting tank
CN106542641-A	Treating reverse osmosis concentrate involves selecting algae species in contaminated water to survive with ability of algae oil production, and then dispensing configuration of the liquid medium into conical flask for inoculating algae spe
KR2017038456-A	Apparatus for treating waste water of livestock by using heterotrophic microalgae, comprises anaerobic digestion tank for performing anaerobic digestion of livestock waste water, and flocculation-sedimentation tank
KR2017039017-A	Advanced treatment system for treating livestock excretion, ejects processing water to ozone of minuteness bubble size to remove non-degradable organic material and color from excretion
CN106365318-A	Deep treatment of sewage by inoculating domesticated Chlorella in sewage, separating algae and water, inoculating domesticated spirulina in supernatant, separating algae and water, and inoculating domesticated Scenedesmus in supernatant
CN106430609-A	System useful for microalgae batch treatment of sewage, comprises microalgae photobioreactor, microalgae flocculation tank and fresh water pool connected sequentially in the direction of water
CN205974061-U	Piping system for culturing the microalgae, comprises a recovered water that is processed and filtered through a multi-stage multi-media, where a storage tank is connected in series with a filtering system and a recycling system

CN106399109-A	New <i>Chlorella vulgaris</i> DH2 used for combined treatment of waste water and waste gas for carbon denitration, is deposited at China general microbiological culture collection center and has accession number 13056
CN106277599-A	Treating sewage using microalgae to produce energy and fertilizer by subjecting microalgae to photosynthesis to release oxygen, flowing oxygen produced by algae to decompose organic substances and carrying out anaerobic nitrification
WO2017028018-A1	Stacked sheet photobioreactor for culturing microalgae, has cofferdam portion that is extended upward from upper surface of corresponding sheet and upper surface of each of sheets and inner surface of cofferdam portion form space
JP2017038537-A	Manufacture of algaenan composition involves subjecting algaenan in slurry containing microalgae-derived biomass ground material to suspension separation treatment
CN205954560-U	Scaling ratio test device, has treatment unit attached with separating element, which is connected with recycling tank and weighing part, where recycling tank is configured to perform subsequent test
CN106219908-A	Organic sewage efficiency and carbon dioxide emission reduction comprises e.g. using advanced oxidation for pre-processing organic waste water and flue gas, adjusting pH, and using carbon dioxide absorption solvent treatment
RU2603733-C1	Method of microalgae biomass flocculation relates to biotechnology and can be used in municipal
CN106186339-A	Treatment of sewage wastewater e.g. low-carbon and nitrogen-containing water, involves loading raw sewage into grid adjusting tank, removing organic matter, filtering, and processing filtered sewage in granular bacteria-algae reaction tank
PL412966-A1	Method for biological treatment of industrial sewage, involves treating industrial waste water during process of assimilation by microalgae, and simultaneously performing ion exchange process by addition of natural mineral sorbent
KR1691791-B1	Soil covered type wastewater treatment system used for removing oil components and microalgae, comprises inlet bath for supplying raw water containing stray refractory organic pollutant to settling tank that separates solid from liquid
CN105961303-A	System for symbiotic farming of fish, bacteria and algae, comprises fish pond, multiple membrane system, aeration system, photobioreactor for culturing microalgae and bacteria, and photobioreactor for feeding microbes to photobioreactor
CN106219871-A	Treatment of livestock and poultry breeding waste water involves expanding cultured microalgae, inoculating with anaerobic organisms, circulating, inoculating, precipitating, collision agglomerating, and returning algae granules to reactor
US2016376543-A1	Culture medium useful for growing algae e.g. <i>Botryococcus</i> , <i>Chlorella</i> and <i>Spirulina</i> , comprises water obtained from stock pond having natural flora which is treated to release biotic and abiotic factors, phosphates and nitrates
CN106047786-A	Rapidly increasing yield of algae cysts useful for laboratory culture of marine microalgae and detection of ballast water treatment, involves placing algae species in early logarithmic growth phase and then culturing, and illuminating
CN106186336-A	Microalgae optical biological wastewater treatment device has optical medium that is arranged up and down on powdered photocatalyst adhesion net that is detachably installed on micro-algae cell
CN205710111-U	Water treatment device has frame that is connected with drive unit to move between first position and second position, and provided with water-retaining component and holding portion
CN105886404-A	Culturing microalgae for inhibiting growth of <i>Microcystis aeruginosa</i> involves treating non-toxic microalgae with toxic <i>Microcystis aeruginosa</i> cultured in the secondary effluent of municipal sewage treatment plant in definite molar ratio
CN106064853-A	Photo-biologic reactor for realizing microalgae immobilization culturing and sewage treatment, has water outlet passage that is formed between left/right clapboards, and main reaction zone that is set with biological membrane filler
CN105754862-A	Culturing microalgae using sewage comprises e.g. uniformly mixing first algal species with the sewage, adsorbing the solid matter in the sewage and culturing second algae species with the purified sewage
CN105923778-A	Water quality control and non-toxic green algae enrichment of surface flow wetland comprises planting fresh water plants and inoculating non-toxic green algae in wetlands, and introducing secondary effluent of the municipal wastewater
CN205635280-U	Open circulation microalgae sewage treatment tank has intermediate transition tank that is connected with second-section microalgae circulation treatment tank
KR2016099520-A	Treatment of salt-containing wastewater involves removing suspended impurities, cultivating microalgae, adding pretreated salted water, filtering, processing with light emitting diode lamp and removing biological oxygen demand
CN205590421-U	Light reaction experimental device for microalgae sewage treatment, has water inlet pipe that is connected with inlet of microalgae light reaction tube, and water outlet pipe that is set with outlet of microalgae light reaction tube
CN105776745-A	Biological treatment of high ammonia pig slurry used as e.g. animal feed, involves separating pig slurry by solid-liquid separation, inoculating microalgae into pretreated slurry, separating and obtaining microalgae biomass
KR2016088265-A	Purifying air and water, comprises converting biomass of carbon dioxide using a microalgae and microorganism sterilization (microalgae culture production) device
CN205328802-U	Microalgae multi-technology coupled high brine purification system has sewage device that is connected to slurry mixer, and pulping mixer that is connected with reactor outlet and material entrance
CN105541057-A	Performing resource utilization of pig farm biogas residue, involves subjecting pig farm fermented biogas residue into aeration and filtration, inoculating bacteria, culturing, collecting Cladocerans and recycling or discharging water
CN105621789-A	Microalgae culture based biogas slurry treatment device has solid filler which is provided in aerobic reaction zone and whose lower portion is equipped with aeration device
CN105621794-A	Treatment system used for intensive cultivation of wastewater and water comprises flocculation sedimentation pool, micro-algae proliferation pool, mixing algae pond and artificial wetland area
CN105621802-A	Photosynthetic organism-mediated integrated wastewater ecological treatment system comprises e.g. a micro-algae seed culture pool, domestication culturing waste water for environment under micro-algae tolerance of domestication pool
CN105541074-A	Processing manure and kitchen waste by performing solid-liquid separation of treated waste, carrying out facultative treatment on solid waste with composite microbial agent, and biologically decomposing liquid waste using microalgae
RU2014135018-A	Cultivating <i>Chlorella</i> microalgae involves temperature controlling, gas exchange processing, lighting and removing residue as result of cultivation with oxygen, water treatment processing, and microbiological protection
CN105565499-A	Microalgae membrane sewage treatment system includes setting up system, activating water with inoculation microalgae strain, transferring to culture microalgae chamber, bubbling culture chamber and discharging into processing chamber
CN105613433-A	Culturing freshwater rotifer involves discharging rotifer culturing waste water through recycling water treatment technique process back to rotifer culturing device and rotifer is fed when needed
CN105254020-A	Processing wastewater by collecting sewage, analyzing chemical oxygen demand, processing e.g. total nitrogen, processing wastewater, recording algae liquid separation, and analyzing e.g. <i>Chlorella</i> flocculation body size

US2016165895-A1	Enhancing emergence and maturation of Fabaceae plant from seed, comprises administering liquid composition treatment comprising <i>Chlorella</i> to planted seed of Fabaceae plant
US2016165896-A1	Enhancing emergence of Solanaceae plant from seed involves administering effective amount of liquid composition treatment comprising <i>Chlorella</i> culture to planted seed of Solanaceae plant for emergence of seeds
CN205046128-U	Feeding control system for large-scale cultivation of microalgae, has second conveying pump that delivers liquid by second electric valve to second liquid flow meter which flows liquid into open pool
US2016165897-A1	Enhancement of Solanaceae plant yield by administering liquid composition treatment containing <i>Chlorella</i> culture
KR2016052292-A	Wastewater treatment system has photosynthesis/nitrification basin that transmits mixed solution to anoxic chamber for obtaining microalgae and bacteria from processed microorganism
CN105417877-A	Treating livestock wastewater comprises e.g. separating solid residue, introducing into conditioning tank, homogenizing, ascending into high-rate anaerobic treatment system, degrading organic matter and sludge and separating solid-liquid
CN105198095-A	Treatment of degrading xylene in wastewater by immobilization of microalgae of fungus medium, involves carrying out degradation treatment on xylene in water by adopting microorganisms
KR1605096-B1	Treatment of acid mine drainage involves pre-treating acid mine drainage, adding adsorbent, mixing, neutralizing to remove adsorbed heavy metals, culturing using microalgae and bio-treating to remove heavy metal contaminants
CN105255722-A	Animal manure utilizing microalgae cultivation system comprises e.g. waste water aeration treatment pool, micro-algae culturing pool, micro-algae centrifugal machine, micro-algae harvest pool and air compressor
JP2016036777-A	Wastewater treatment method involves performing treatment process of culturing microalgae in wastewater and treatment process of carrying out water treatment of wastewater containing first treated water with activated sludge method
CN105382013-A	Method for utilization of microalgae farming waste energy, involves collecting human and animal excrements into recycling pool, placing material into bioreactor followed by performing liquid separation, and forming non-combustible material
FR3025217-A1	Culturing protists used for obtaining e.g. metabolite of interest, by performing lighting step by radiation with narrow spectral wavelength centered over selected wavelength corresponding to absorption peak of metabolite of interest
CN105152466-A	Poultry cultivation microalgae wastewater treatment method involves carrying out sedimentation of poultry cultivation wastewater, carrying out anaerobic fermentation of wastewater and open water cultivation, and reacting
FR3023548-A1	Device for treating wastewater by culturing mixotrophic microalgae comprises a tank for culturing raceway type microalgae, a fermenter and a means for supplying algae between the fermenter and the raceway microalgae culture tank
CN104973735-A	Treating sewage sludge involves separating solid-liquid material of the sludge to obtain biogas slurry, which is poured into tank and diluted with water
CN104962473-A	Culturing microalgae by supplying sewage involves performing dilution of sewage medium obtained after its sterilization, where diluted sewage medium is then subjected to filtration to obtain secondary treated sewage
US2015305313-A1	Integrated multi-trophic farming system useful to produce fish and/or aquatic animals in combination with crops and/or algae, comprises series of filtration, and fish and/or aquatic animal rearing, hydroponic, agricultural and algae systems
US2015299646-A1	Culturing and harvesting method of extremophilic microalgae for producing e.g. biofuels involves preparing growth composition, allowing microalgae to proliferate in the composition, dewatering composition, and recovering algal biomass
CN104787892-A ; CN104787892-B	Nano confined microalgae biofilm sewage ecological treatment system includes closed microalgae culture system, nano biological film, microalgae separator, first and second stage microalgae collectors, circulation pump and exhaust port
BR102013026395-A2	Photobioreactor tube for performing modular wastewater treatment of e.g. liquids, has movement tube connected with air/gas inlet that is connected with gas meter, check valve, sample collector, cleaning pipe and biofilm collector
KR2015091814-A	Microalgae culture apparatus comprises anaerobic digestion unit, membrane bioreactor (MBR) tank, MBR tank effluent and ozone or organic matter, microalgae culture tank, and membrane
KR2015088375-A	Nitrification tank useful for processing wastewater, comprises autotrophic microalgae, and nitrification bacteria
CN104726321-A	Bioreactor for sunshine factorization of microalgae culture, has nutritive salt supply pipe and water supply pipe arranged on internal side wall of raceway pond, and reactor portion connected to carbon dioxide gas supply pipe
CN204400776-U	Microalgae sewage treatment automatic control device includes regulating pool with thermometer and pH meter, microalgae processing pool, detecting pool, filtering film, spiral pipe sealed reactor, and induced lipid accumulation pool
RU2555519-C2 ; RU2013137672-A	Strain of microalgae <i>Chlorella vulgaris</i> , intended for treatment of wastewater of agricultural and alcohol production
CN104556546-A	Processing of oilfield wastewater involves supplying oilfield wastewater to aerobic biological treatment system, microalgae culture system and carbon filter system, filtering and deoxygenating sludge
WO2015112654-A2	Making a biologically-active granular composition of matter by providing a vessel configured to contain a water-based reaction medium, and placing in the vessel a mixture comprising the water-based reaction medium and microalgae
CN104556544-A	Processing oil field sewage and fixing carbon dioxide biodiesel using microalgae comprises e.g. using cavitation air floatation for oil field sewage biological degreasing, and adding crude oil wastewater in aerobic bio-treatment system
CN104496123-A ; CN104496123-B	Microalgae treatment sewage automatic control involves feeding sewage in regulating pool, preliminary checking temperature, pH, and conductivity, preliminary judging, feeding sewage in microalgae pool, and treating sewage with microalgae
WO2015075639-A1	Processing a carbonaceous material involves treating the carbonaceous material in the form of carbonaceous fines with micro-algae so that the micro-algae adsorbs onto the carbonaceous material, and heating the carbonaceous material
CN104445800-A ; CN104445800-B	Use of microalgae photobioreactor for wastewater treatment and biodiesel production involves treating sewage using multilayer tandem open reactor, separating effluent using membrane bioreactor, and performing lipid-induced accumulation
BR102013033383-A2	Treating poultry effluent involves performing treatment in open, closed, continuous, discontinuous or semi-continuous systems by using <i>Haematococcus pluvialis</i>
WO2015082733-A2	Continuous flow tank for culture of microalgae, fish, crustaceans or bacteria, comprises cuvette having two elongated walls and two upstanding side walls of curves forming two separate section ends, longitudinal central partition and blade
WO2015062157-A1	Processing oil field sewage and fixing carbon dioxide using microalgae comprises e.g. using dissolved air floatation for oil field sewage biological degreasing, adding crude oil waste water in aerobic bio-treatment system, degreasing

TW20150004-A ; TW504345-B1	Multi-layer ecological recirculating aquaculture system, has sewage pool is connected to aquaculture pond and relative installation height is lower than that of aquaculture pond
CN104263635-A ; CN104263635-B	Tube-type light biological reactor for e.g. waste water treatment field, has pipe row component parallelly connected with reaction tube along horizontal direction, where length of pipe row component is equal to length of reaction tube
WO2014208621-A1	Culturing microalgae used for e.g. wastewater treatment, by carrying out heterotrophic culturing of microalgae under dark conditions in presence of organic carbon source in residual liquid after collection of ethanol from liquor
FR3007756-A1	Installation unit for treatment and recovery of breeding effluents to produce biogas of effluents in agricultural field, has macrophytes culturing unit fed by liquid phase and water that is came-out from microalgae culturing unit
CN204022570-U	Device for processing waste water for producing excrement fermentation liquid of liquid fertilizer, has gas mixture room that is connected with bottom of reactor main housing and micro-algae seed culture device through mixed gas way
CN203877974-U	Micro-algae based biogas purification photo-bioreactor has liquid storage tank whose bottom portion is set with lighting device, while inner portion of tank is set with sterilizing device, pH sensor, and illumination sensor
CN104068028-A ; CN104068028-B	Composite bacteria microalgae inhibitor used in water treatment system for desalinating or circulation cooling or direct cooling of fresh water or sea water, comprises isothiazolinone, 2,2-dibromo-3-nitrilo propionamide, solvent, and water
CN104045208-A ; CN104045208-B	Purifying biogas using photo-biological reactor comprises performing anaerobic treatment of biogas slurry, injecting biogas slurry into liquid surface sensor, adding microalgae to slurry, placing in lighting device and culturing microalgae
CN104017730-A	Culture medium culturing microalgae comprises e.g. waste water, sodium silicate, ferric ammonium citrate, ammonium citrate, potassium chromate, fish meal, sodium carboxymethyl cellulose, xanthan gum, glycolic acid, titanium
KR1444642-B1 ; WO2016003002-A1	Wastewater treatment facility has settling tank that is provided for separating sludge of processing water handled at photosynthesis/nitrification basin
KR1444643-B1 ; WO2016003017-A1	Waste water treatment apparatus using microalgae, has flow carrier that is filled in nitrification portion formed at lower section of nitrification basin, so that sludge of settling tank is returned to photosynthesis unit
CN103981220-A ; CN103981220-B	Processing of organic waste involves removing mechanical impurities from raw materials, desilting, sending to regulating tank, adjusting initial pH and water content, and sending to hydrogen fermentation reactor
FR3004724-A1	Reactor, useful for culturing microalgae for e.g. treatment of effluents, comprises vessel for containing mass to be treated, where vessel is provided with assembly for mixing mass and illumination sources to promote treatment of mass
CN103952314-A ; CN103952314-B	New <i>Desmodesmus communis</i> (GS05) useful for biomass energy production, preferably biodiesel oil and sewage treatment and combined deep industrial flue gas emissions and municipal waste water purification
US2014238934-A1	System, useful for treating wastewater from e.g. utility plant, comprises a finishing cell to separate the treated wastewater from treatment media and to reduce total suspended solids in treated wastewater, and an electrocoagulation unit
KR1423285-B1 ; WO2015108279-A1	System useful for culturing microalgae, comprises disinfection processing unit for removing microorganisms, flow control unit, microalgae culture injection unit, microalgae culture device, and biomass production unit for producing biofuels
CN103881923-A	Coking wastewater by microalgae culture, involves adding sea water microalgae in coking waste water, illuminating, passing low carbon dioxide and air condition through medium, passing cultured micro-algae into stationary phase, centrifuging
KR2013068298-A	Waste water treatment apparatus comprises a treatment tank for accommodating treated water, and a mixing means for mixing water to be treated with microalgae and bacteria
CN103789195-A	Micro-algae photo-biological reactor has liquid level balance water tank whose water outlet end is connected to lower end of reactor main portion through water inlet tube
WO2014092993-A1	Harvesting non-vascular photo synthetic organism from aqueous culture by mixing polymer flocculant with aqueous culture, introducing dissolved air into mixed aqueous culture, and collecting flocs of non-vascular photo synthetic organism
WO2014083534-A1	Mixotrophic cultivation of mutated microalgae strain in an open pond involves adding the microalgae strain in a source/medium, adding selected plant extract, allowing growth and multiplication, and determining biomass and/or oil content
US2014144839-A1	Apparatus, useful for cultivating microalgae using effluent from e.g. sludge treatment, comprises advanced sewage treatment apparatus, sludge treatment apparatus including aerobic reactors, and microalgae cultivation apparatus
CN103663839-A ; CN103663839-B	Treatment of wastewater by pretreating, biological processing, denitrifying, advance processing and purifying microalgae
KR2014025179-A	Fresh water microalgae culture useful for producing biodiesel, comprises producing lipid by culturing freshwater microalgae strains in wastewater, and respectively recovering crystalline substance and amorphous substance in culture fluid
KR2014020084-A ; KR1409035-B1	Microalgae tub used in waste water treatment processing system, has microalgae vent that is equipped in reactor, and high pressure gas discharge pipe that includes multiple high pressure gas injection nozzles
CN103663715-A	Biological treatment for purifying biogas slurry involves preprocessing in aeration tank, filtering, feeding in biological reactor, inoculating microalgae, breeding, degrading nitrogen and phosphorus, separating microalgae, and refining
KR2014022211-A ; KR1382533-B1	Culturing freshwater microalgae for producing biodiesel, involves producing a fresh water microalgae containing a lipid by culturing microalgae strains in a culture medium that includes closed mine drainage
CN203474790-U	Microalgae purifying livestock and poultry cultivation wastewater device has biogas liquid tank, mixing tank, algae photo-biological reactor provided with multiple laminated plate type reactors, clean water tank, and liquid returning tube
KR2014008630-A ; KR1416637-B1	Apparatus for culturing microalgae used in e.g. lipid production industry, has optical source section that irradiates light on culture vessel, and controlling element that controls on/off of flash light irradiated from source section
ID201301802-A	Sea water filtration system for reducing concentration of phosphate, ammonia and nitrate from sea water, comprises container, protein skimmers as filtration equipment, equipment for growing microalgae, biofilter and biofilter microbes
CN103468578-A ; CN103468578-B	New <i>Chlorella</i> sp. strain useful for microalgae biodiesel production systems and municipal sewage treatment system
ID201302352-A	Forming microalgae <i>Chlorella</i> species dominant type of synthetic liquid waste involves pre-treating growth media with anaerobic method, cultivating in open pond microalgae with natural selection system and mode sequencing batch operation
WO2014046205-A1	Culturing microalgae, involves obtaining permeate that has permeated through filtration membrane by unit of membrane filtration of discharged water containing nitrogen content and culturing microalgae within liquid

CN103396950-A ; CN103396950-B	Biogas slurry ecological purification based on microalgae cultivation comprises biogas slurry pretreatment, habituated culture of autotrophic microalgae, preparation of a seed solution, biogas slurry purification, and biochemical breaking
KR1339173-B1	Treating livestock wastewater, comprises culturing activated livestock wastewater using mixotrophic microalgae and beneficial microorganism, precipitating undissolved materials, and culturing supernatant with nutrition required microalgae
CN103304032-A ; CN103304032-B	System useful for processing coal gasification wastewater using microalgae, comprises suspending-green algae treatment device, immobilized algae bead preparation device, immobilized algae bead processing device and air-blowing device
CN103113932-A ; CN103113932-B	Producing biodiesel by cultivating microalgae by using urban sewage comprises degradation of organic wastewater and culturing microalgae, collecting algae, and generating biodiesel
KR2013100399-A ; KR1385499-B1	Device used in wastewater treatment plants for culturing microalgae, comprises wastewater disposal unit, algae culturing unit having several reflectors for delivering light to culturing unit and wastewater storage unit
KR1290810-B1	Microalgae culture system used for culturing microalgae, comprises culture tank which cultures microalgae and useful substance accumulation tank for inducing accumulation of useful substance in microalgae cultured in culture tank
US2013306532-A1	System used for treating water by filtering small fraction of total volume of water, comprises e.g. feeding line, containing means with receiving means and coordination means, which activates necessary processes to adjust parameters
CN203033811-U	Magnetic separating algae and water separator comprises second pipeline whose two ends are connected to primary reactor and water tank, first water inlet pipe which is connected with pre-reactor, and micro-pore plate
CN103112993-A ; CN103112993-B	Processing of oil field sewage wastewater by microalgae oil and fixation of carbon dioxide by testing oil field sewage for cultivating microalgae, directly introducing carbon dioxide, and adding oil-containing, high fat microalgae strain
CN103086520-A ; CN103086520-B	Device for producing biodiesel in coupling way by treating livestock and poultry breeding wastewater, has anode chamber that inoculates bacteria producing mycoprotein and cathode chamber that inoculates microalgae extracting oil
CN103087920-A ; CN103087920-B	New mixotrophic <i>Scenedesmus</i> sp. ZTY1 (CGMC 7059), used for sewage treatment, preferably for the treatment of municipal wastewater effluent of the primary settling tank
CN103074231-A ; CN103074231-B	Producing microalgae that is useful in industrial waste water and biobutanol waste gas treatment, comprises placing algae seed in inclined plane, inoculating seed in inoculation loop and then culturing, and shaking seed to obtain liquid
CN103043851-A	Microalgae culture-flocculation-filtration series water treatment comprises series of microalgae wastewater treatment, flocculation, sedimentation and filtration of three units, and microalgae removal of organic matter
CN103045479-A ; CN103045479-B	Collecting algae by magnetic flocculation nanoparticle, comprises adjusting pH value of microalgae culture solution, adding magnetic flocculation nanoparticles into culture solution, and stirring to obtain polymer micro algae cells
US2013236938-A1	Forming alkyl ester useful as fuel involves mixing oil source having triglycerides or fatty acids with alcohol and separating alkyl ester by cross-flow filtration cassette where alkyl ester of diameter larger than filter pores is retained
US2013126425-A1	Performing advanced water treatment using algae, comprises receiving continuous flow of water, pre-filtering received flow of water, and conditioning the pre-filtered flow of water to increase bio-availability of nutrient constituents
WO2013063018-A1	Decreasing chlorophyll antenna size in strain of green microalgae, by inhibiting expression of truncated light-harvesting antenna2 nucleic acid in green algae strain by introducing expression cassette into green microalgae strain
US2013105388-A1	Advanced water treatment comprises e.g. receiving continuous flow of water, pre-filtering received flow of water, conditioning pre-filtered flow of water, and blending conditioned flow with dense live microalgae flow to obtain mixture flow
CN102815839-A	Coupling waste gas and water, comprises e.g. processing waste water and then introducing into reactor, adding micro-algae as inoculum to obtain mixed solution and introducing exhaust gas into intake air to culture micro-algae
WO2013054170-A2	Producing bio-fuels involves selecting a microalgae specific nucleotide sequences; obtaining high cell density of microalgae to inhibit growth of undesired microbes; and extracting oil from harvested algal cell
WO2013036326-A1	Growing microalgae from wastewater to produce biofuel e.g. biodiesel, by transferring wastewater from primary treatment tank to secondary treatment pond, inoculating wastewater in secondary treatment pond with strain of microalgae cells
CN102642987-A ; CN102642987-B	Treatment of sewage, by pretreatment of sewage using electrochemical oxidation method, adjusting pH of pretreated sewage, inoculating microalgae into sewage, and subjecting sewage to microalgae biological treatment
CN102766661-A	Preparing hydrogen using algae residue and livestock excrement by anaerobic fermentation, comprises e.g. placing algae residue and livestock excrement in microwave process, adding inorganic acid, washing, mixing and producing hydrogen
CN102161550-A ; CN102161550-B	Producing feed additive from livestock breeding sewage and purifying into recycled water, comprises carrying out anaerobic/aerobic treatment, purifying methane solution, preparing feed additive, adding in a dosing machine and mixing
CN102732425-A ; CN102732425-B	Producing microalgae by livestock excrement primary waste water involves conducting flocculation treatment to waste water, taking supernatant, adding water to dilute until having specific chemical oxygen demand value; and microalgae culture
CN102745818-A	Removing medium-low concentration cadmium ions from wastewater, involves selecting and breeding algae seed, inoculating seeds into wastewater, simulating natural light for algae, and separating algae cells by special filter screen
CN102583767-A ; CN102583767-B	System for treating sewage and producing biological oil, comprises photobioreactor, light source devices, oil collecting tank, algal fluid mixing tank, and algal fluid separating units
WO2013005799-A1	Medium useful for culturing microalgae e.g. <i>Chlorella</i> , <i>Botryococcus</i> , <i>Dunaliella</i> , <i>Porphyridium</i> and <i>Tolypothrix</i> used as e.g. feed, fertilizer and health food, has specified clearness degree
CN102618446-A ; CN102618446-B	Culturing oil producing microalgae using fecal sewage, comprises e.g. separating solid-liquid of fecal sewage, flocculating and dewatering the solid-liquid, and carrying out anaerobic and aerobic treatments on the solid-liquid
JP2012239423-A	Culturing microalgae e.g. <i>Chlorella</i> useful as foodstuff or raw material for producing biofuel, involves using sterilized culture medium, obtained by waste water treatment using activated sludge method using pulse electrolysis
CN102336498-A ; CN102336498-B	Treating nitrogen-phosphorus sewage, involves removing larger floater and mechanical impurity in high-concentration nitrogen and phosphorus wastewater, and processing with sequencing batch reactor and optical bioreactor
KR2012114851-A	High concentration wastewater treatment device comprises apparatus for production of microalgae, optical source, effluent feeding portion, and growing bed with culture space
CN102502996-A	Pre-treatment process useful for culturing microalgae using industrial sewage, comprises mixing inorganic and organic flocculating agent, adjusting pH, filtering precipitate, and using molecular sieve column to remove heavy metal ion

CN102443542-A ; CN102443542-B	Highly dense culture method for autotrophic oil-producing microalgae, comprises employing fermentation method including cutting and two-step methods, and using carbon dioxide waste gas from heat engine plant as carbon resource
US2012173023-A1	Apparatus for controlling cultivation of autotrophic organism i.e. algae, in wastewater treatment application, has controller determining way to adjust manipulated variables to control controlled variables

III.2 Metodologia do estudo tecnológico de artigos

A metodologia de pesquisa, empregada com o objetivo de mapear artigos dentro do tema de Utilização de Microalgas no Processo de Tratamento de Efluentes, consistiu em uma busca por palavras-chaves na plataforma do Science Direct, acessada pelo periódicos CAPES no sistema Intranet/UFRJ, que permite acesso completo e consulta dos artigos.

A maior vantagem na busca de artigos pela plataforma do Science Direct é que as instituições e bibliotecas universitárias oferecem acesso à plataforma aos alunos e pesquisadores. Portanto, esta é uma ferramenta útil, de fácil acesso e alta usabilidade no processo de prospecção de artigos.

O Science Direct possui conteúdo de milhões de publicações de artigos completos em revistas, com qualidade de publicação garantida pela Elsevier. Segundo o site da plataforma, Elsevier.com (2017), os jornais são guiados por conselhos editoriais e os artigos são rigorosamente revisados por pares. Outras vantagens são as ferramentas de “*Book on Science Direct*” que cobre 24 coleções de assuntos em disciplinas como bioquímica, biologia e genética molecular, química, medicina clínica, engenharia e medicina veterinária; e a “*Tecnologia Transforme*” que possui informação em conhecimento com ferramentas online eficientes, além de ferramentas sofisticadas de pesquisa e recuperação que otimizam o processo de descoberta de artigos de revistas e capítulos de livros mais relevantes.

A prospecção de artigos na plataforma foi feita em dois blocos, o primeiro com as palavras-chaves: “*microalgae*” e “*treatment*” para os 100 primeiros artigos prospectados e o segundo com “*microalgae*” e “*effluent treatment*” para os outros 200 artigos prospectados. Houve necessidade de mudança das palavras-chaves durante a pesquisa, pois notou-se que muitos artigos mencionavam o tratamento que a biomassa de microalgas recebe após o cultivo. Sendo este um tópico não relevante para o desenvolvimento desse trabalho e não condizente com o tema de Utilização de Microalgas no Tratamento de Efluentes, as palavras-chaves foram alteradas a fim de aumentar o número de artigos prospectados utilizados no presente trabalho. Ambas as pesquisas foram feitas no intervalo de tempo de 2007 a 2017.

Dos 300 artigos analisados, 166 (55%) foram utilizados nesta pesquisa porque estavam relacionadas com o tema escolhido. Por outro lado, 134 (45%) foram descartados

por não tratar o tema selecionado. Os resultados de artigos prospectados utilizados e não utilizados podem ser observados no gráfico a seguir:

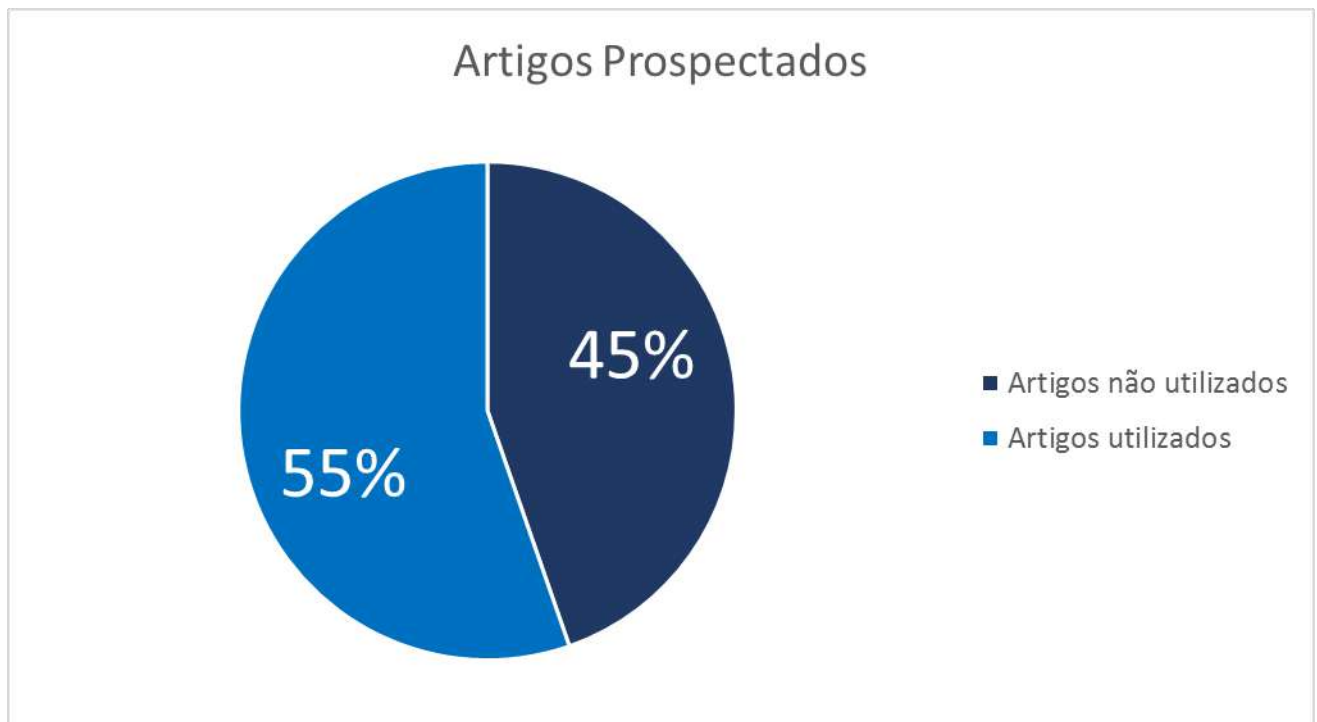


Gráfico 3. Busca num total de 300 artigos, correspondentes ao intervalo de 2007 a 2017.

A continuação são apresentados os títulos dos 166 artigos prospectados utilizados:

Artigos prospectados utilizados
Wastewater treatment by microalgae can generate high quality biodiesel feedstock
Evaluation of the dynamics of microalgae population structure and process performance during piggery wastewater treatment in algal-bacterial photobioreactors
Biological CO ₂ fixation with production of microalgae in wastewater – A review
Biogas from microalgae: Review on microalgae's cultivation, harvesting and pretreatment for anaerobic digestion
Simulation of energy balance and carbon dioxide emission for microalgae introduction in wastewater treatment plants
Feasibility of carbon dioxide sequestration by <i>Spongiochloris</i> sp microalgae during petroleum wastewater treatment in airlift bioreactor
Perspectives on the feasibility of using microalgae for industrial wastewater treatment
Investigation of an alternative cell disruption approach for improving hydrothermal liquefaction of microalgae
Structural changes of <i>Arthrospira</i> sp. after low energy sonication treatment for microalgae harvesting: Elucidating key parameters to detect the rupture of gas vesicles
Tertiary wastewater treatment in membrane photobioreactor using microalgae: Comparison of forward osmosis & microfiltration
Performance Of <i>Chlorella Vulgaris</i> , <i>Neochloris Oleoabundans</i> , and mixed indigenous microalgae for treatment of primary effluent, secondary effluent and centrate

One-step production of biodiesel from wet and unbroken microalgae biomass using deep eutectic solvent
Comparative study of wastewater treatment and nutrient recycle via activated sludge, microalgae and combination systems
Microalgae biomass production for a biorefinery system: Recent advances and the way towards sustainability
Full-scale photobioreactor for biotreatment of olive washing water: Structure and diversity of the microalgae-bacteria consortium
An oleaginous filamentous microalgae <i>Tribonema minus</i> exhibits high removing potential of industrial phenol contaminants
Using microalgae to produce liquid transportation biodiesel: What is next?
Coupling process study of lipid production and mercury bioremediation by biomimetic mineralized microalgae
Immobilized oleaginous microalgae for production of lipid and phytoremediation of secondary effluent from palm oil mill in fluidized bed photobioreactor
Optimizing microalgae cultivation and wastewater treatment in large-scale offshore photobioreactors
Protic ionic liquid-assisted cell disruption and lipid extraction from fresh water <i>Chlorella</i> and <i>Chlorococcum</i> microalgae
Cultivation of oleaginous microalgae for removal of nutrients and heavy metals from biogas digestates
Enhancement of the performance of a combined microalgae-activated sludge system for the treatment of high strength molasses wastewater
Advanced nutrient removal from surface water by a consortium of attached microalgae and bacteria: A review
Synergy of flocculation and flotation for microalgae harvesting using aluminium electrolysis
Design and operation of an inexpensive, laboratory-scale, continuous hydrothermal liquefaction reactor for the conversion of microalgae produced during wastewater treatment
Microalgae recycling improves biomass recovery from wastewater treatment high rate algal ponds
The use of desalination concentrate as a potential substrate for microalgae cultivation in Brazil
Valorisation of aquaculture effluents with microalgae: The Integrated Multi-Trophic Aquaculture concept
Oil and gas produced water as a growth medium for microalgae cultivation: A review and feasibility analysis
Freshwater microalgae selection for simultaneous wastewater nutrient removal and lipid production
Nutrient recycle from defatted microalgae (<i>Aurantiochytrium</i>) with hydrothermal treatment for microalgae cultivation
Microalgae: Antiquity to era of integrated technology
Urban wastewater treatment by seven species of microalgae and an algal bloom: Biomass production, N and P removal kinetics and harvestability
An annular photobioreactor with ion-exchange-membrane for non-touch microalgae cultivation with wastewater
Parboiled rice effluent: A wastewater niche for microalgae and cyanobacteria with growth coupled to comprehensive remediation and phosphorus biofertilization
Improving pollutants removal by microalgae <i>Chlorella</i> PY-ZU1 with 15% CO ₂ from undiluted anaerobic digestion effluent of food wastes with ozonation pretreatment
Effects of hydraulic retention time on cultivation of indigenous microalgae as a renewable energy source using secondary effluent
A comparative study on flocculating ability and growth potential of two microalgae in simulated secondary effluent
Biomass characterisation and phylogenetic analysis of microalgae isolated from estuaries: Role in phycoremediation of tannery effluent
Biomass characterisation and phylogenetic analysis of microalgae isolated from estuaries: Role in phycoremediation of tannery effluent
Efficiency of Microalgae <i>Chlamydomonas</i> on the Removal of Pollutants from Palm Oil Mill Effluent (POME)
Growth of microalgae on undiluted anaerobic digestate of piggery effluent with high ammonium concentrations
Water resource recovery by means of microalgae cultivation in outdoor photobioreactors using the effluent from an anaerobic membrane bioreactor fed with pre-treated sewage

Membrane photobioreactors for integrated microalgae cultivation and nutrient remediation of membrane bioreactors effluent
Removal of nutrients and organic pollution load from pulp and paper mill effluent by microalgae in outdoor open pond
Parametric study of a brewery effluent treatment by microalgae <i>Scenedesmus obliquus</i>
Diverse acidogenic effluents as feedstock for microalgae cultivation: Dual phase metabolic transition on biomass growth and lipid synthesis
Isolation and characterization of microalgae for biodiesel production from Nisargruna biogas plant effluent
Development and application of a novel immobilized marine microalgae biofilter system for the treatment of shrimp culture effluent
Polishing of anaerobic secondary effluent by <i>Chlorella vulgaris</i> under low light intensity
Microalgae digestate effluent as a growth medium for <i>Tetraselmis</i> sp. in the production of biofuels
Cultivation of microalgae in dairy effluent for oil production and removal of organic pollution load
Cultivation of four microalgae species in the effluent of anaerobic digester for biodiesel production
Cultivation of marine microalgae using shale gas flowback water and anaerobic digestion effluent as the cultivation medium
Uptake of Cd(II) and Pb(II) by microalgae in presence of colloidal organic matter from wastewater treatment plant effluents
Features of <i>Golenkinia</i> sp. and microbial fuel cells used for the treatment of anaerobically digested effluent from kitchen waste at different dilutions
The growth characteristics and biodiesel production of ten algae strains cultivated in anaerobically digested effluent from kitchen waste
Growth comparison of microalgae in tubular photobioreactor and open pond for treating anaerobic digestion piggery effluent
Reuse of effluent water from a municipal wastewater treatment plant in microalgae cultivation for biofuel production
Comparison of <i>Spirulina platensis</i> microalgae and commercial activated carbon as adsorbents for the removal of Reactive Red 120 dye from aqueous effluents
Effect of gaseous cement industry effluents on four species of microalgae
Fatty acid rich effluent from acidogenic biohydrogen reactor as substrate for lipid accumulation in heterotrophic microalgae with simultaneous treatment
Renewable and sustainable bioenergy production from microalgal co-cultivation with palm oil mill effluent (POME): A review
Enhanced growth and nutrients removal efficiency of <i>Characium</i> sp. cultured in agricultural wastewater via acclimatized inoculum and effluent recycling
A novel algal biofilm membrane photobioreactor for attached microalgae growth and nutrients removal from secondary effluent
Freshwater microalgae selection for simultaneous wastewater nutrient removal and lipid production
Nutrient recycle from defatted microalgae (<i>Aurantiochytrium</i>) with hydrothermal treatment for microalgae cultivation
Urban wastewater treatment by seven species of microalgae and an algal bloom: Biomass production, N and P removal kinetics and harvestability
Microalgae: Antiquity to era of integrated technology
An annular photobioreactor with ion-exchange-membrane for non-touch microalgae cultivation with wastewater
Marine periphyton biofilters in mariculture effluents: Nutrient uptake and biomass development
Simultaneous nutrient removal, optimised CO ₂ mitigation and biofuel feedstock production by <i>Chlorogonium</i> sp. grown in secondary treated non-sterile saline sewage effluent
Combining urban wastewater treatment with biohydrogen production – An integrated microalgae-based approach

Simultaneous microalgae cultivation and wastewater treatment in submerged membrane photobioreactors: A review
Microalgae for third generation biofuel production, mitigation of greenhouse gas emissions and wastewater treatment: Present and future perspectives – A mini review
Influence of pH and CO ₂ source on the performance of microalgae-based secondary domestic wastewater treatment in outdoors pilot raceways
Biomass production and nutrients removal by a newly-isolated microalgal strain <i>Chlamydomonas</i> sp in palm oil mill effluent (POME)
Removal of endocrine disrupting compounds from wastewater by microalgae co-immobilized in alginate beads
Selection of native Tunisian microalgae for simultaneous wastewater treatment and biofuel production
Evaluation of <i>Lemna minor</i> and <i>Chlamydomonas</i> to treat palm oil mill effluent and fertilizer production
Reverse osmosis concentrate conditioning for microalgae cultivation and a generalized workflow
Effluent from a biofloc technology (BFT) tilapia culture on the aquaponics production of different lettuce varieties
Heterotrophic cultivation of microalgae using aquaculture wastewater: A biorefinery concept for biomass production and nutrient remediation
Microalgae cultivation as tertiary unit operation for treatment of pharmaceutical wastewater associated with lipid production
Influence of iron precipitated condition and light intensity on microalgae activated sludge based wastewater remediation
Single stage treatment of saline wastewater with marine bacterial–microalgae consortia in a fixed-bed photobioreactor
Removal of nutrients from undiluted anaerobically treated piggery wastewater by improved microalgae
Performance of photoperiod and light intensity on biogas upgrade and biogas effluent nutrient reduction by the microalgae <i>Chlorella</i> sp.
Enhancement of nutrient removal from swine wastewater digestate coupled to biogas purification by microalgae <i>Scenedesmus</i> spp.
Cultivation in wastewaters for energy: A microalgae platform
Capability of microalgae-based wastewater treatment systems to remove emerging organic contaminants: A pilot-scale study
Ammonium removal from anaerobically treated effluent by <i>Chlamydomonas acidophila</i>
Harvesting microalgae using activated sludge can decrease polymer dosing and enhance methane production via co-digestion in a bacterial-microalgal process
Phycoremediation of phenolic effluent of a coal gasification plant by <i>Chlorella pyrenoidosa</i>
Biomass and oil production by <i>Chlorella vulgaris</i> and four other microalgae — Effects of salinity and other factors
Capability of different microalgae species for phyto-remediation processes: Wastewater tertiary treatment, CO ₂ bio-fixation and low cost biofuels production
Integral microalgae-bacteria model (BIO_ALGAE): Application to wastewater high rate algal ponds
Integrated CO ₂ capture, wastewater treatment and biofuel production by microalgae culturing—A review
Microalgae biomass production using wastewater: Treatment and costs: Scale-up considerations
Integrated co-limitation kinetic model for microalgae growth in anaerobically digested municipal sludge centrate
Microalgae growth and phosphorus uptake in wastewater under simulated cold region conditions
From piggery wastewater nutrients to biogas: Microalgae biomass revalorization through anaerobic digestion
Assessment of microalgae and nitrifiers activity in a consortium in a continuous operation and the effect of oxygen depletion
Cultivation and selection of cyanobacteria in a closed photobioreactor used for secondary effluent and digestate treatment
Microalgae-bacteria flocs (MaB-Flocs) as a substrate for fermentative biogas production

Continuous microalgae cultivation in aquaculture wastewater by a membrane photobioreactor for biomass production and nutrients removal
Environmental Assessment of Co-location Alternatives for a Microalgae Cultivation Plant: A Case Study in the City of Kingston (Canada)
Microalgae biorefineries: The Brazilian scenario in perspective
Advanced treatment of residual nitrogen from biologically treated coke effluent by a microalga-mediated process using volatile fatty acids (VFAs) under stepwise mixotrophic conditions
Batch vs continuous-feeding operational mode for the removal of pesticides from agricultural run-off by microalgae systems: A laboratory scale study
Growth optimisation of microalga mutant at high CO ₂ concentration to purify undiluted anaerobic digestion effluent of swine manure
Testing of two different strains of green microalgae for Cu and Ni removal from aqueous media
Characterization of microalgae cultivated in continuous operation combined with anaerobic co-digestion of sewage sludge and microalgae
Influence of solids residence time and carbon storage on nitrogen and phosphorus recovery by microalgae across diel cycles
Promising solutions to solve the bottlenecks in the large-scale cultivation of microalgae for biomass/bioenergy production
Microalgae and wastewater treatment
Microalgae cultivation for bioenergy production using wastewaters from a municipal WWTP as nutritional sources
Microalgae treatment removes nutrients and reduces ecotoxicity of diluted piggery digestate
Kinetics of nutrient removal and expression of extracellular polymeric substances of the microalgae, <i>Chlorella</i> sp. and <i>Micractinium</i> sp., in wastewater treatment
Outdoor cultures of <i>Chlorella pyrenoidosa</i> in the effluent of anaerobically digested activated sludge: The effects of pH and free ammonia
Integration of microalgae biomass in biomethanation systems
Bioremediation of the textile waste effluent by <i>Chlorella vulgaris</i>
Selection of microalgae for wastewater treatment and potential lipids production
Assessment of the mechanisms involved in the removal of emerging contaminants by microalgae from wastewater: a laboratory scale study
Influence of hydraulic retention time on indigenous microalgae and activated sludge process
Application of livestock waste compost to cultivate microalgae for bioproducts production: A feasible framework
The effect of increasing CO ₂ concentrations on its capture, biomass production and wastewater bioremediation by microalgae and cyanobacteria
Bioavailability of wastewater derived dissolved organic nitrogen to green microalgae <i>Selenastrum capricornutum</i> , <i>Chlamydomonas reinhardtii</i> , and <i>Chlorella vulgaris</i> with/without presence of bacteria
Microalgae cultivation in a wastewater dominated by carpet mill effluents for biofuel applications
Microalgae cultivation in high rate algal ponds using slaughterhouse wastewater for biofuel applications
Chapter 8 – Biodiesel Production From Wastewater Using Oleaginous Yeast and Microalgae
Cultivation of <i>Nannochloropsis salina</i> using anaerobic digestion effluent as a nutrient source for biofuel production
Biomass and bioenergy production potential of microalgae consortium in open and closed bioreactors using untreated carpet industry effluent as growth medium
Removal of nitrogen and phosphorus from wastewater using microalgae free cells in batch culture system
Application of a prototype-scale Twin-Layer photobioreactor for effective N and P removal from different process stages of municipal wastewater by immobilized microalgae
High efficient treatment of citric acid effluent by <i>Chlorella vulgaris</i> and potential biomass utilization

Hydrogen and lipid production from starch wastewater by co-culture of anaerobic sludge and oleaginous microalgae with simultaneous COD, nitrogen and phosphorus removal
The effect of algae species on the bioelectricity and biodiesel generation through open-air cathode microbial fuel cell with kitchen waste anaerobically digested effluent as substrate
Assessing hydrothermal liquefaction for the production of bio-oil and enhanced metal recovery from microalgae cultivated on acid mine drainage
Are combined AOPs effective for toxicity reduction in receiving marine environment? Suitability of battery of bioassays for wastewater treatment plant (WWTP) effluent as an ecotoxicological assessment
Growth and nitrogen removal capacity of <i>Desmodesmus communis</i> and of a natural microalgae consortium in a batch culture system in view of urban wastewater treatment: Part I
Polyhydroxybutyrate production using a wastewater microalgae based media
Isolation of microalgae tolerant to polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) from wastewater treatment plants and their removal ability
Food-industry-effluent-grown microalgal bacterial flocs as a bioresource for high-value phycochemicals and biogas
Microalgae cultivation using an aquaculture wastewater as growth medium for biomass and biofuel production
Energy potential of algal biomass cultivated in a photobioreactor using effluent from a meat processing plant
Scalability of combining microalgae-based biofuels with wastewater facilities: A review
Water use and its recycling in microalgae cultivation for biofuel application
Biomass from microalgae separation by electroflotation with iron and aluminum spiral electrodes
Production of microalgae using centrate from anaerobic digestion as the nutrient source
Comparative assessment of diclofenac removal from water by different microalgae strains
Effectiveness mapping of open raceway pond and tubular photobioreactors for sustainable production of microalgae biofuel
Enhancing the productivity of microalgae cultivated in wastewater toward biofuel production: A critical review
The effects of illumination factors on the growth and HCO_3^- fixation of microalgae in an experiment culture system
Halophytic microalgae as a feedstock for anaerobic digestion
Biosorption of chromium from electroplating and galvanizing industrial effluents under extreme conditions using <i>Chlorella vulgaris</i>
Anaerobic digestion of lipid-extracted microalgae: Enhancing nutrient recovery towards a closed loop recycling
Challenges and opportunities in application of microalgae (Chlorophyta) for wastewater treatment: A review
Utilization of centrate for the production of the marine microalgae <i>Nannochloropsis gaditana</i>
Growth and anaerobic digestion characteristics of microalgae cultivated using various types of sewage
EBP2R – An innovative enhanced biological nutrient recovery activated sludge system to produce growth medium for green microalgae cultivation
Treatment of fish processing wastewater with microalgae-containing microbiota
Effects of thermodynamically coupled reaction diffusion in microalgae growth and lipid accumulation: Model development and stability analysis
Integration of membrane technology in microalgae biorefineries
Phosphorus from wastewater to crops: An alternative path involving microalgae
Culture of <i>Scenedesmus</i> sp. LX1 in the modified effluent of a wastewater treatment plant of an electric factory by photo-membrane bioreactor

Capítulo IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO

IV.1 Estudo tecnológico de patentes

A ferramenta utilizada no estudo de patentes foi a estatística. Alguns tópicos foram selecionados previamente para facilitar a análise das patentes prospectadas estudadas, avaliando evoluções, projeções e tendência da tecnologia de utilização de microalgas no processo de tratamento de efluentes a nível mundial. Dentre os tópicos selecionados estão: a evolução temporal dos pedidos de depósito de patentes, a distribuição por localidade, a presença de simbiose no processo de tratamento de efluentes, as espécies de microalgas utilizadas no tratamento de efluentes, o tipo de efluente a ser tratado e a identificação do real interesse no processo de tratamento de efluentes das patentes prospectadas selecionadas.

IV.1.1 Evolução temporal dos pedidos de depósito de patentes

Esta avaliação mostra a evolução cronológica dos pedidos de depósito de patentes. O ano de depósito de cada patente foi levado em consideração para gerar o gráfico mostrado a seguir:

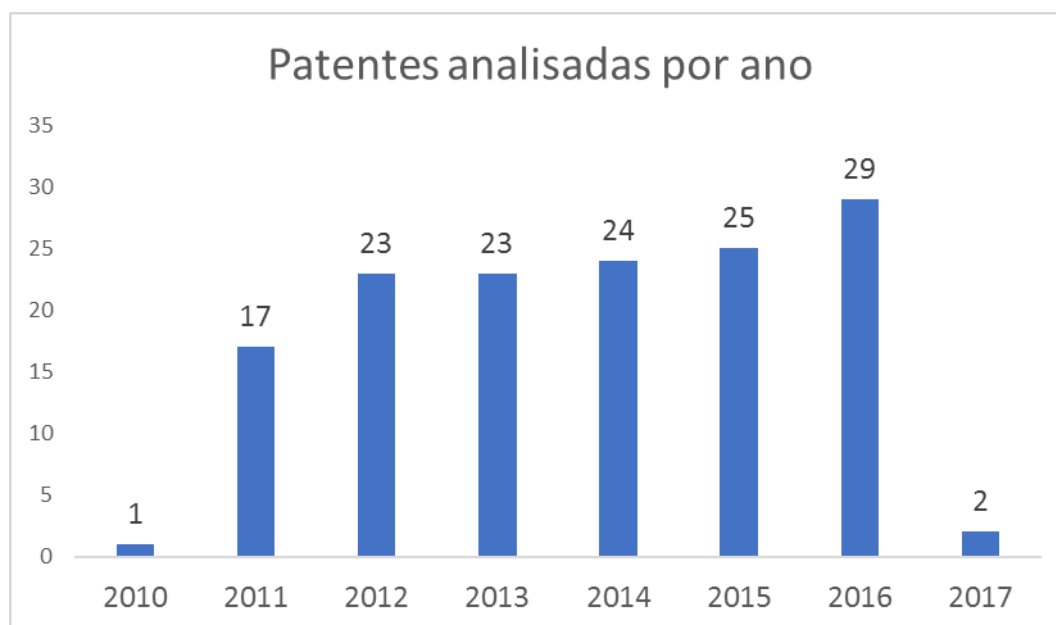


Gráfico 4. Evolução temporal dos pedidos de depósito de patentes considerando os anos de 2007 a 2017.

Observa-se um pequeno crescimento no depósito de patentes ao longo dos anos até 2016. O baixo número de patentes observado em 2010, em comparação aos anos seguintes, deve-se justamente a que foi em 2009 que se retomaram as pesquisas com o interesse de utilizar as microalgas como matéria-prima para a produção de biocombustíveis. Logo com o objetivo de reduzir os custos de produção desta biomassa começaram os estudos direcionados ao cultivo de microalgas em águas residuais. Para corroborar esta afirmação consultou-se na base de dados DWPI as patentes referentes ao período 2007 - 2017 e verificou-se que não havia nenhum pedido de patente registrado nos anos anteriores a 2010.

Nos últimos sete anos observa-se, através dos depósitos de patentes, um elevado interesse em pesquisa e inovação no tema selecionado, justificado pela vontade de diminuir o custo de produção da biomassa de microalgas e de reduzir o teor de contaminantes nos efluentes residências, industriais e do setor pecuário. A biomassa de microalgas é uma matéria-prima potencial para os campos de engenharia, nos setores de energia, medicina, bioengenharia (Tijani, Abdullah and Yuzir, 2015), indústria alimentícia e cosmética (Van Den Hende et al., 2016).

IV.1.2 Distribuição de patentes por localidade

A distribuição de patentes por localidade tem o objetivo de avaliar os países em que patentes sobre o tema selecionado foram depositadas. A análise pode ser observada no gráfico a seguir:

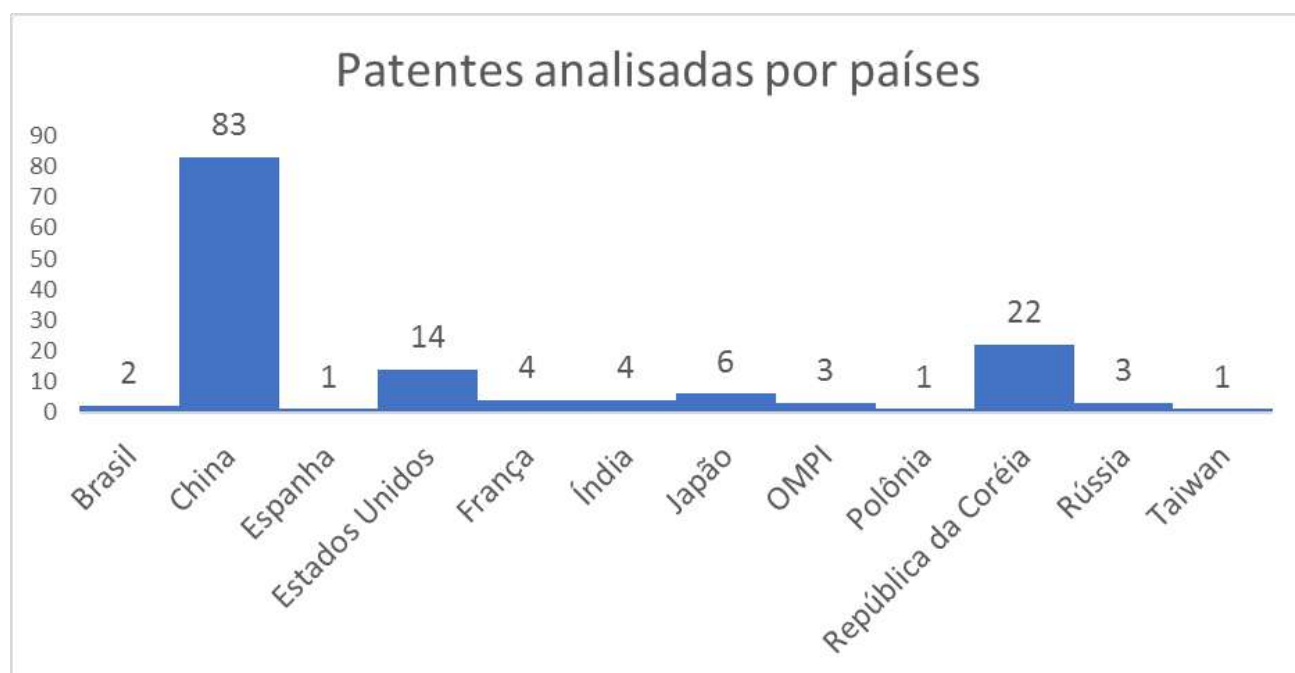


Gráfico 5. Análise do pedido de patentes por países.

No gráfico anterior, observa-se que 57,6% das 144 patentes prospectadas foram depositada por chineses, 15,3% por coreanos e apenas 9,7% por norte-americanos.

De acordo com a Organização Mundial de Propriedade Intelectual (OMPI), os depósitos de patentes na China aumentaram 45% em 2016, com grande tendência de ultrapassar Japão e Estados Unidos, tornando-se o maior usuário do sistema de patentes em dois anos. Inventores chineses realizaram 43 mil pedidos internacionais em 2016, enquanto os registros domésticos tornaram o escritório de patentes na China o mais ocupado do mundo, com mais de 1 milhão de aplicações por ano.

O Brasil representa menos que 2% das patentes depositadas prospectadas. De acordo com a Organização Mundial de Propriedade Intelectual (OMPI), o resultado divulgado em 15 de junho de 2017, na Universidade de Cornell na Suíça, o Brasil não melhorou seu desempenho em inovação e permaneceu na 69º posição no Índice Global de Inovação (Exclusivo.com.br, 2017). Diversos critérios foram utilizados para avaliar e criar o ranking com um total de 127 países. O Brasil, mesmo sendo a maior economia da América Latina e do Caribe, ocupa a 7º posição num ranking regional com 18 países, sendo o Chile a nação mais inovadora dentre as avaliadas. Pelo sétimo ano consecutivo, a Suíça ainda ocupa o topo da lista, seguida pela Suécia, Países Baixos, Estados Unidos e Reino Unido. Anualmente, indicadores como registro de patentes, despesas em educação, instrumentos de financiamento, entre outros, são avaliados pelo Índice Global de Inovação para construir o ranking.

Tabela 3. Países mais inovadores 2017 – Índice Global de Inovação. Adaptado de Exclusivo.com.br.

1º Suíça	14º Japão
2º Suécia	15º França
3º Países Baixos	16º Hong Kong (China)
4º Estados Unidos	17º Israel
5º Reino Unido	18º Canadá
6º Dinamarca	19º Noruega
7º Singapura	20º Áustria
8º Finlândia	21º Nova Zelândia
9º Alemanha	22º China
10º Irlanda	23º Austrália
11º República da Coreia	24º República Checa

12° Luxemburgo	25° Estônia
13° Islândia	69° Brasil

IV.1.3 Análise da presença de simbiose no processo de tratamento de efluentes

O objetivo desta análise é identificar os processos de tratamento de efluentes que utilizam não apenas microalgas, foco do presente trabalho, senão também outros microrganismos. Num total de 144 patentes prospectadas analisadas, apenas 16, aproximadamente 10%, mencionaram a utilização de outros microrganismos para aumentar a efetividade no tratamento do efluente. Os detalhes dos microrganismos utilizados podem ser observados no gráfico a seguir:

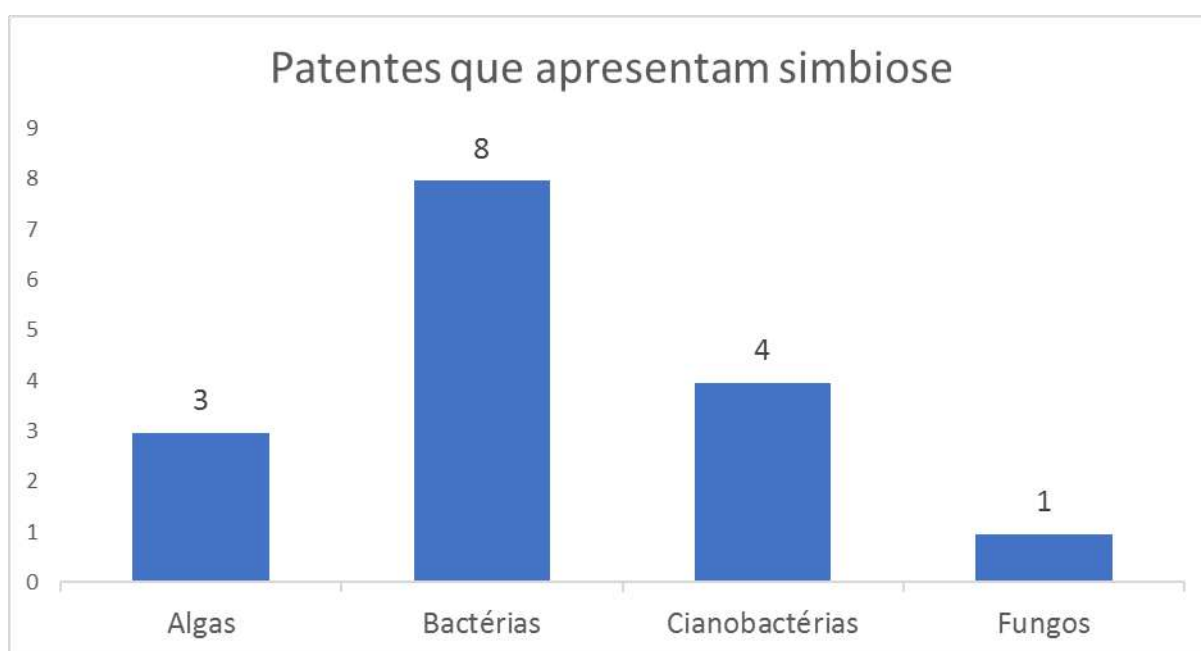


Gráfico 6. Análise das patentes que apresentam simbiose no processo de tratamento de efluentes.

Essa simbiose de microrganismos, majoritariamente com bactérias, que é tratada em 16 do total de patentes prospectadas, pode estar relacionado com o tipo de efluente tratado. Efluentes residenciais, particularmente esgoto doméstico, contém uma série de microrganismos e seria praticamente impossível eliminar todas as bactérias presentes durante o tratamento. Logo, o método mais eficiente para se obter um melhor tratamento é utilizando

juntamente bactérias e microalgas, visando reduzir os teores de nutrientes, metais e outros poluentes na água tratada (Mcgowan et al., 2011).

No caso de efluentes industriais, o meio contém material que será consumido pelas microalgas, porém, são necessários outros microrganismos como bactérias e cianobactérias para consumir ou degradar outros contaminantes não consumidos pelas microalgas (Wilhelm, Rudolph and Steinmann, 2015).

IV.1.4 Espécies de microalgas descritas nas patentes para o tratamento de efluentes

Esta análise ajuda a identificar as principais microalgas utilizadas nos processos de tratamento de efluentes. Elas estão relacionadas no gráfico a seguir:

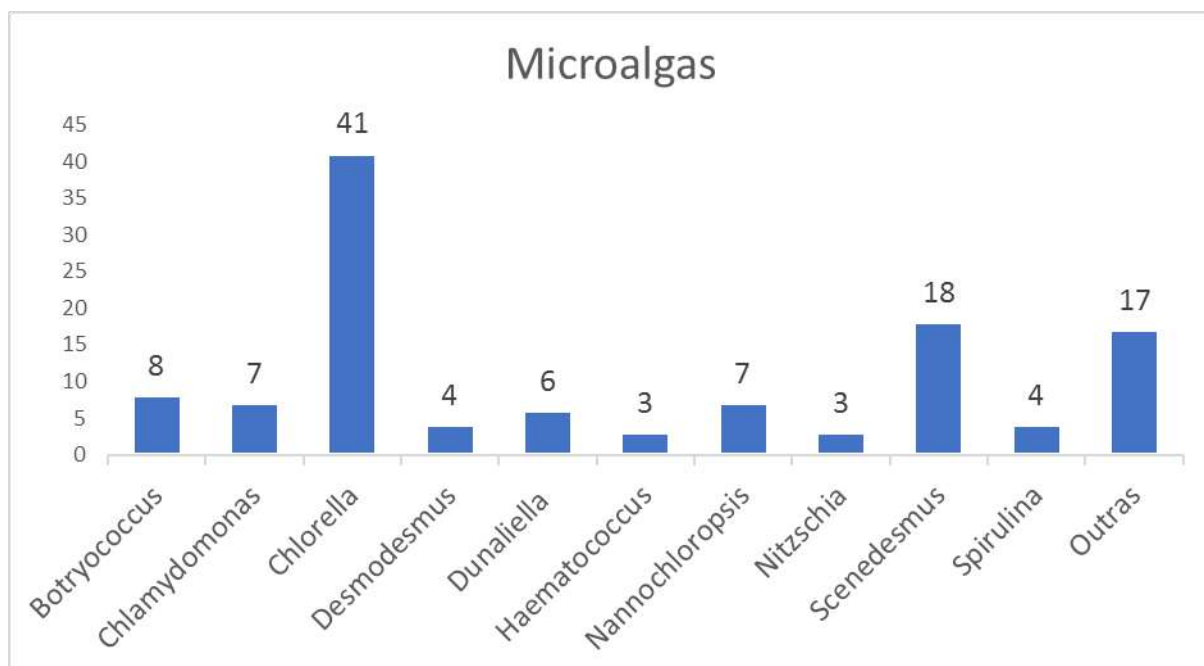


Gráfico 7. Análise das espécies de microalgas utilizadas no processo de tratamento de efluentes descritas nas patentes.

Num total de 144 patentes prospectadas e utilizadas, observa-se uma grande variedade de microalgas sendo utilizadas no tratamento de efluentes. É relevante ressaltar que uma única patente pode ter um processo de tratamento que utilize mais de uma espécie de microalga. Além disso, as patentes que utilizam mais de uma microalga no processo, geralmente tem mais interesse no cultivo da microalga do que no tratamento de efluente propriamente dito.

A seleção da microalga a ser utilizada é baseada em diversos fatores. As microalgas podem assimilar e utilizar durante o crescimento diversos nutrientes presentes nas águas residuais, reduzindo assim, poluentes como nitrogênio e fósforo e ainda produzindo biomassa de alto valor agregado, que pode ser utilizada na produção de biocombustíveis ou alimentos para o setor pecuário. As mais utilizadas são *Chlorella* e *Scenedesmus* com 28,5% e 12,5%, respectivamente. De acordo com Cheng (2016), as espécies *Chlorella minutissima*, *Chlorella sorokiniana* e *Scenedesmus bijuga* apresentaram taxa máxima de crescimento de $76 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ com eficiência de remoção de nitrogênio e fósforo de 60% e 80%, respectivamente.

O número de microalgas cultivadas com sucesso em águas residuais municipais, industriais e agrícolas é limitado, quando comparado com a adaptação no efluente secundário. De fato, as espécies com melhor adaptação e melhores resultados de produção de biomassa são *Botryococcus*, *Chlorella* e *Scenedesmus*, mesmo apresentando baixo crescimento de biomassa e produção de lipídios (Lv et al., 2016). No entanto, essas espécies possuem grande potencial do ponto de vista tecnológico, merecendo estudos ecofisiológicos aprofundados que permitam identificar as melhores condições de cultivo com o objetivo de aumentar a produtividade de biomassa e o teor de lipídeos.

IV.1.5 Efluentes a serem tratados

Em função da variedade de efluentes que contém nutrientes para o crescimento de microalgas, é necessária uma avaliação para identificar os principais efluentes mencionados nas patentes prospectadas utilizadas. Os efluentes residenciais e industriais não tratados, que seguem diretamente para corpos hídricos, contém grandes quantidades de fósforo e nitrogênio, principais nutrientes utilizados no crescimento das microalgas, contribuindo para a eutrofização. Esse fenômeno prejudica o uso humano da água e a biodiversidade, provocando desequilíbrio ecológico devido ao excesso de matéria orgânica na água. No gráfico a seguir, é possível observar os principais efluentes tratados e descritos nas patentes prospectadas utilizadas.

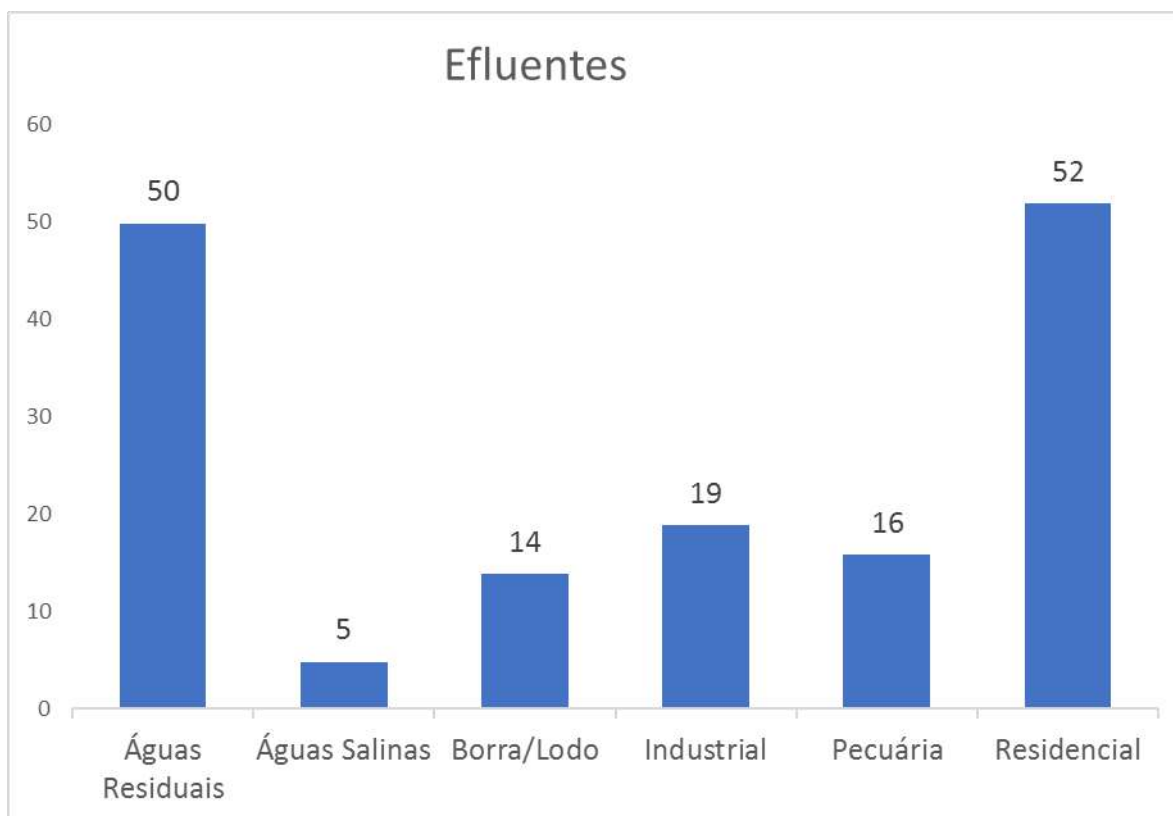


Gráfico 8. Análise dos tipos de efluentes tratados e descritos nas patentes.

Observa-se um grande interesse no estudo de efluentes residenciais, 36,1% das patentes prospectadas analisadas tratam do esgoto doméstico, sendo este formado pelo esgoto sanitário e de cozinha. A mistura de várias espécies de microalgas cultivadas em esgoto é considerada um substrato potencial para a digestão anaeróbia, independentemente do teor de lipídios acumulado nas microalgas cultivadas (Hidaka et al., 2014). O esgoto sanitário é um efluente com grande potencial para o cultivo de microalgas, quando comparado com efluentes primário ou secundário de indústria, por possuir nutrientes altamente concentrados. Entretanto, ainda há poucos relatos na literatura sobre digestão anaeróbia, comparando o crescimento de microalgas cultivadas em vários tipos de esgoto, sem filtração e com diferentes tempos de cultivo (Hidaka et al., 2014).

Os efluentes anaerobicamente digeridos de resíduos de cozinha, logo, efluentes residenciais, apresentam características de alto teor orgânico, elevado teor de nutrientes e coloração escura, quando comparados com efluentes de plantas de biogás, provenientes de borra e lodo (Yu et al., 2017). Esse tipo de efluente, se não é tratado adequadamente, não só agrava a poluição ambiental, mas também é uma ameaça à sobrevivência das microalgas quando utilizado em meios de cultivo.

Os efluentes industriais, com 13,2%, são os segundos mais estudados. Entretanto, como citado por Zhen-Feng et al. (2011), nas últimas décadas, foram realizadas mais pesquisas de aplicação de microalgas para a remoção de nitrogênio e fósforo em efluentes residenciais do que em águas residuais industriais, devido à variabilidade na composição deste tipo de efluente. As águas residuais industriais contém em geral mais íons metálicos, além de vários outros compostos. Esse fato pode influenciar no crescimento das células (Li et al., 2007). Os efluentes industriais precisam de mais investigação sobre suas características para o avanço de tratamento de efluentes com cultivo de microalgas (Zhen-Feng et al., 2011).

Por fim, 34,7% das patentes prospectadas não mencionam diretamente o tipo de efluente utilizado, apenas referem “águas residuais” ou “*waste water treatment*”, deixando a análise muito abrangente.

IV.1.6 Objetivos do processo de tratamento de efluentes

Dentre as diversas vantagens do tratamento de efluentes com microalgas, é necessária uma análise dos principais objetivos do processo de tratamento de efluentes, descritos nas patentes prospectadas analisadas. Os pontos avaliados foram: cultivo e, conseqüentemente, produção de biomassa de microalgas; desenvolvimento de um novo cultivador (bio-reator), sistema de aeração ou utilização de energia solar, por exemplo; preocupação ambiental, devido aos processos de eutrofização, aumento de CO₂ na atmosfera, poluição ambiental, entre outros fatores; produção de biocombustíveis, que majoritariamente, está associada com o acúmulo de lipídios nas células; remoção de nutrientes, sendo estes necessariamente nitrogênio e fósforo; e por fim, o interesse realmente em tratar o efluente que engloba um conjunto de fatores, como a diminuição da poluição ambiental, remoção não apenas de nitrogênio e fósforo, mas de outros compostos tóxicos, como metais pesados, e ainda o reuso do efluente tratado e a utilização da biomassa na produção de biocombustíveis, na indústria de ração, cosmética e alimentícia. O gráfico 9 a seguir representa os principais objetivos do processo de tratamento de efluentes, tratados nas patentes prospectadas avaliadas.

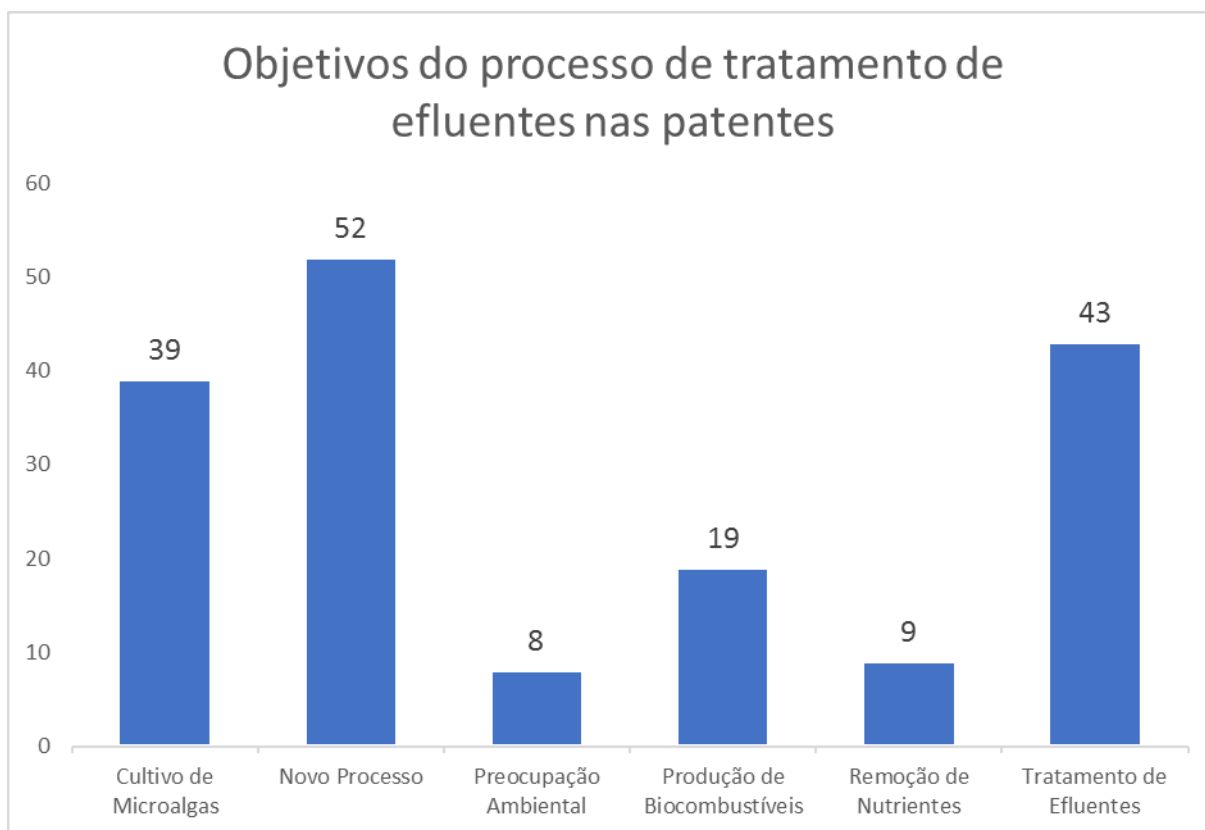


Gráfico 9. Avaliação dos principais objetivos do processo tratamento de efluentes nas patentes prospectadas.

A partir da análise das patentes prospectadas foi possível definir que uma única patente pode ter mais de um objetivo no tratamento de efluentes com microalgas. Muitas vezes, o efluente é tratado mas o interesse, de fato, é na biomassa de microalgas produzida, sendo o efluente apenas uma economia no processo de cultivo, por conceito de substituição dos meios de cultivo convencionais.

Do ponto de vista de inovação, observa-se que dentre as patentes avaliadas, em 27% o objetivo é cultivar microalgas e em 36,1% é desenvolver um novo processo.

As patentes que têm interesse majoritariamente no cultivo de microalgas, em geral, realizam as seguintes análises:

- Comparação de crescimento com outras microalgas;
- Experimentos em diferentes meios de cultivo, iluminação, aeração, vazão de efluente;
- Avaliação do efluente ao final do tratamento, principalmente em relação a remoção de nitrogênio e fósforo que devem ser consumidos pela microalga;
- Avaliação da biomassa em relação à taxa de crescimento e ao acúmulo de lipídios.

As patentes que têm interesse majoritariamente em desenvolver um novo processo, em geral, apresentam algumas das seguintes etapas nas plantas de tratamento de efluentes:

- Tecnologia associada ao tanque de armazenamento de efluente;
- Etapas de pré-tratamento como floculação, ozonização, sedimentação, osmose reversa, entre outros;
- Novo bio-reator, com novos modelos de sistemas de encanamento, diferentes formatos, métodos de agitação, iluminação, etc.

IV.2 Estudo tecnológico de artigos

A metodologia utilizada no estudo de artigos, assim como no de patentes, foi estatística. Alguns tópicos foram selecionados previamente para um melhor aproveitamento e avaliação de informações estratégicas. Dentre os tópicos selecionados estão a evolução temporal do pedido de patentes, a distribuição por localidade de patentes, a presença de simbiose no tratamento de efluentes das patentes selecionadas, as microalgas utilizadas no tratamento de efluentes das patentes, o tipo de efluente a ser tratado nas patentes e o real interesse no processo de tratamento de efluentes das patentes prospectadas selecionadas.

Os tópicos foram selecionados para melhor análise dos artigos prospectados estudados, avaliando evoluções, projeções e tendência da utilização da tecnologia de utilização de microalgas no processo de tratamento de efluentes a nível mundial.

IV.2.1 Evolução temporal na publicação de artigos

Esta avaliação mostra a evolução cronológica das publicações de artigos relacionados com o tema de utilização de microalgas no tratamento de efluentes. O ano da publicação foi avaliado para gerar o gráfico mostrado a seguir:

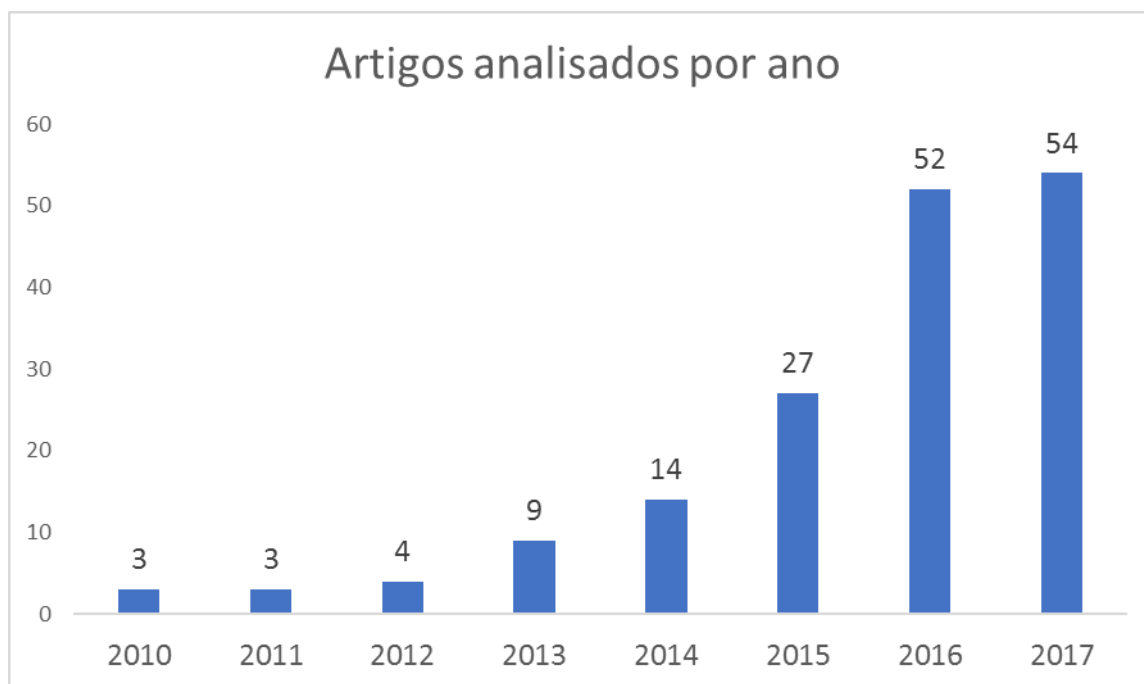


Gráfico 10. Evolução temporal da publicação de artigos considerando os anos de 2007 a 2017.

Conforme descrito por (Cardoso et al., 2011) e referido também no item IV.1.1 deste trabalho, a partir de 2009 houve um crescente interesse em utilizar as microalgas como matéria-prima para a produção de biocombustíveis. Essa motivação impulsionou as pesquisas com microalgas com diferentes focos, tais como: aumentar a produtividade de biomassa, propor novos sistemas de cultivo, diminuir os custos dos meios de cultivo a partir da utilização de águas residuais, aproveitar o CO₂ emitido por indústrias contaminantes através da biofixação por microalgas, entre outros.

IV.2.2 Distribuição de artigos por localidade

A análise da distribuição de artigos por localidade tem o objetivo de avaliar os países com artigos publicados sobre o tema selecionado. Os resultados são apresentados no gráfico a seguir:

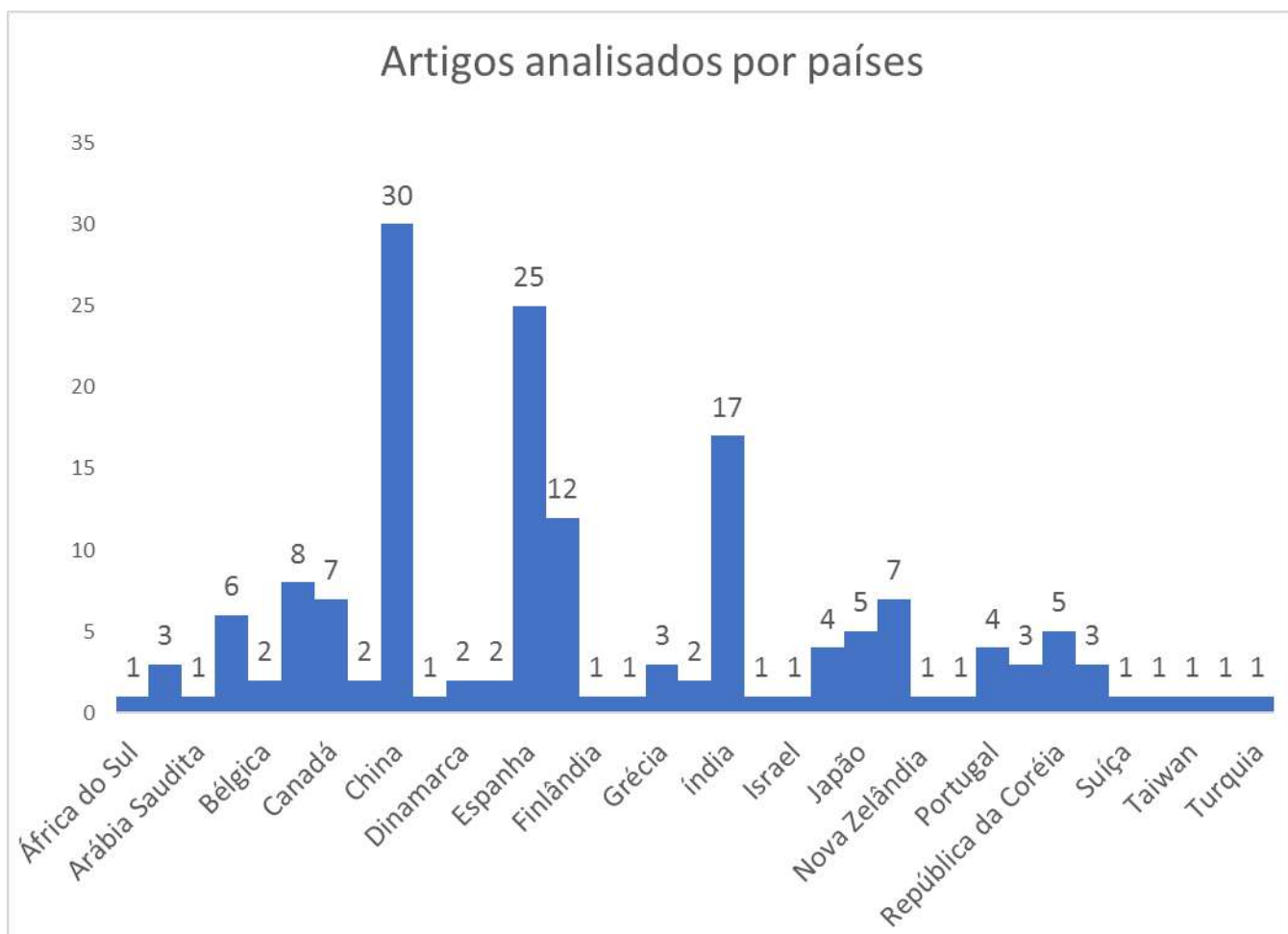


Gráfico 11. Análise da publicação de artigos por países.

Conforme observado na análise de patentes realizada anteriormente, o governo Chinês vem investido significativamente em inovações na área de tratamento de efluentes com microalgas. Este país é responsável por 18% dos artigos publicados prospectados.

Atualmente, na China, segundo Yu et al. (2017), os métodos de processamento anaeróbico para digestão de efluentes consistem principalmente em usar lagoas construídas incluindo uma etapa de retorno de efluentes às terras agrícolas. Além de ser um processo de alto custo para o tratamento em geral, o mesmo pode causar infiltração de poluentes em águas subterrâneas. Assim sendo, o tratamento biológico com microalgas se apresenta como uma vantagem, devido ao baixo custo, sendo essa uma justificativa aceitável para os investimentos em pesquisa no país.

Observa-se no gráfico, que a Espanha também tem um alto número de artigos publicados no tema. Esse fato pode ser justificado pela rigorosa legislação meio ambiental espanhola (Abdala, 2012). Em 2001 foi aprovada nesse país a Resolução 11-9-03 que viabilizou a implantação do Programa nacional de redução progressiva das emissões

nacionais de dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de Nitrogênio (NO_x), compostos orgânicos voláteis (COV) e amônia (NH₃), estimulando os pesquisadores a inovar para atingir os objetivos do programa. Ao encontro dessa crescente preocupação ambiental, vejo o interesse de utilizar as microalgas como matéria-prima para a produção de biocombustíveis. Ambas motivações impulsionaram as pesquisas relacionadas com microalgas, visando sempre uma redução nos custos de produção da biomassa e no tratamento de efluentes ricos em amônia, em paralelo houve um aumento na publicação de artigos científicos e no depósito de patentes.

Para uma melhor visualização da distribuição de artigos publicados nos diferentes continentes preparou-se o gráfico a seguir:

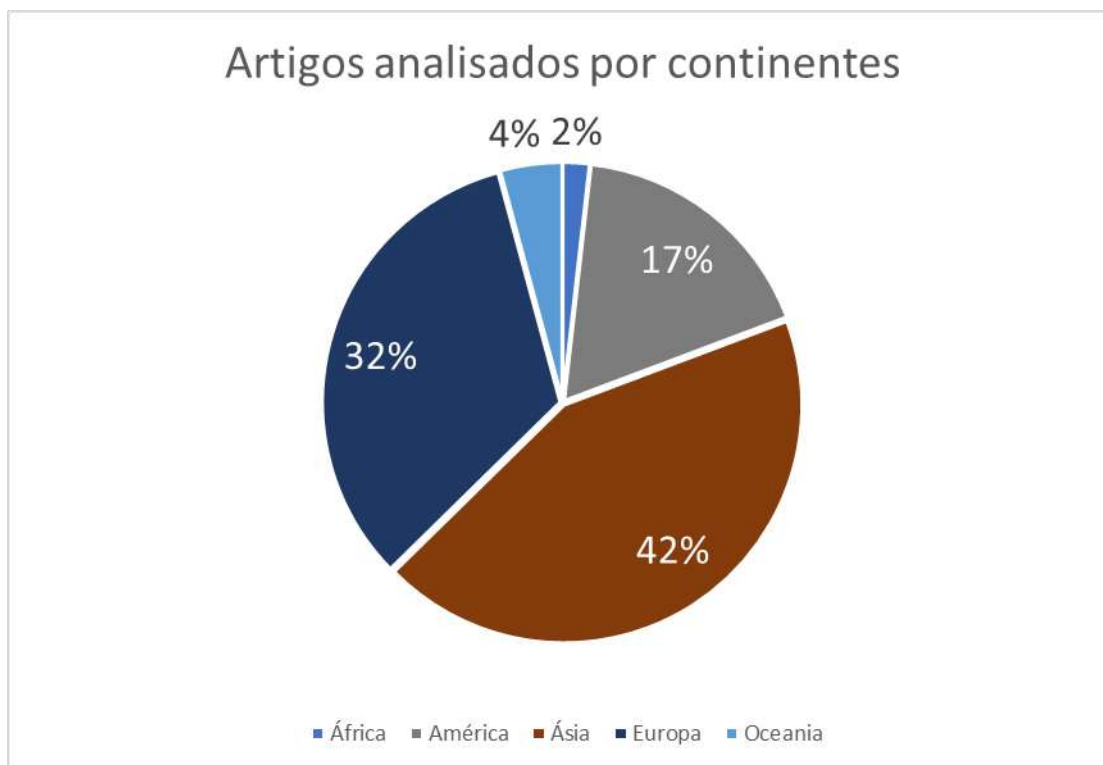


Gráfico 12. Análise da publicação de artigos por continentes.

IV.2.3 Análise da presença de simbiose no processo de tratamento de efluentes

O objetivo dessa análise é identificar os processos de tratamento de efluentes utilizam somente, foco do presente trabalho, senão também outros microrganismos. Num total de 166 artigos prospectados analisados, apenas 13, menos de 10%, mencionaram a utilização de

outros microrganismos para aumentar a efetividade no tratamento do efluente. Os detalhes dos microrganismos utilizados podem ser observados no gráfico a seguir:

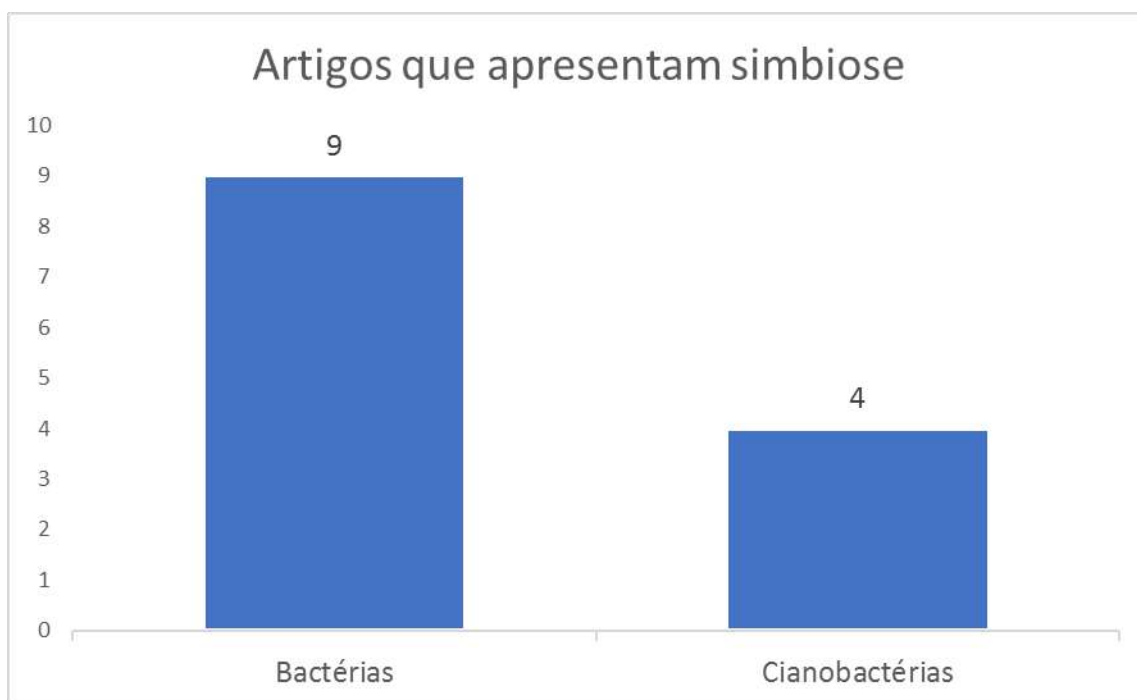


Gráfico 13. Avaliação da presença de simbiose no processo de tratamento de efluentes nos artigos selecionados.

Nos 13 artigos avaliados o consórcio microbiano foi com bactérias e cianobactérias. Maza-Márquez et al. (2017) mantiveram um consórcio estável de microalgas e bactérias ao longo de todo o período de experimentação (5, 4, 3, e 2 dias), independente de variações de temperatura e radiação solar. As análises ao final do experimento mostraram que a simbiose de microalgas, bactérias e cianobactérias desempenhou um papel importante na biorremediação de efluentes industriais.

Os primeiros estudos da utilização de consórcios de microalgas e bactérias para o tratamento de efluentes são da década de 1950 (Oswald e Gotaas, 1957). Essa tecnologia é atrativa para a biorremediação devido às vantagens apresentadas. Primeiramente, microalgas e cianobactérias geram o oxigênio necessário para a respiração aeróbia heterotrófica das bactérias que participam da oxidação da matéria orgânica, enquanto capturam o CO₂ gerado pela respiração bacteriana (Maza-Márquez et al., 2017). Essa alternativa de crescimento de bactérias juntamente com microalgas representa uma vantagem do ponto de vista econômico, tendo em vista que as bactérias aeróbicas consomem o oxigênio produzido pelas microalgas, dispensando o uso de sistemas para retirada do oxigênio acumulado nos cultivadores, e por

outro lado estas microalgas consomem o CO₂ produzido pelas bactérias evitando a emissão de gases de efeito estufa ao meio ambiente (Guieysse et al., 2002).

Diversos outros estudos demonstram que associações de microalgas e bactérias são capazes de remover, com sucesso, uma variedade de poluentes, tais como fenóis, petróleo, acetonitrilo, naftaleno ou benzopireno (Essam et al., 2014; Mahdavi et al., 2015; Ramanan et al., 2016; Ryu et al., 2015).

IV.2.4 Espécies de microalgas descritas nos artigos para o tratamento de efluentes

Esta análise ajuda a identificar as principais microalgas utilizadas nos processos de tratamento de efluentes descritos nos artigos prospectados. Elas estão relacionadas no gráfico a seguir:

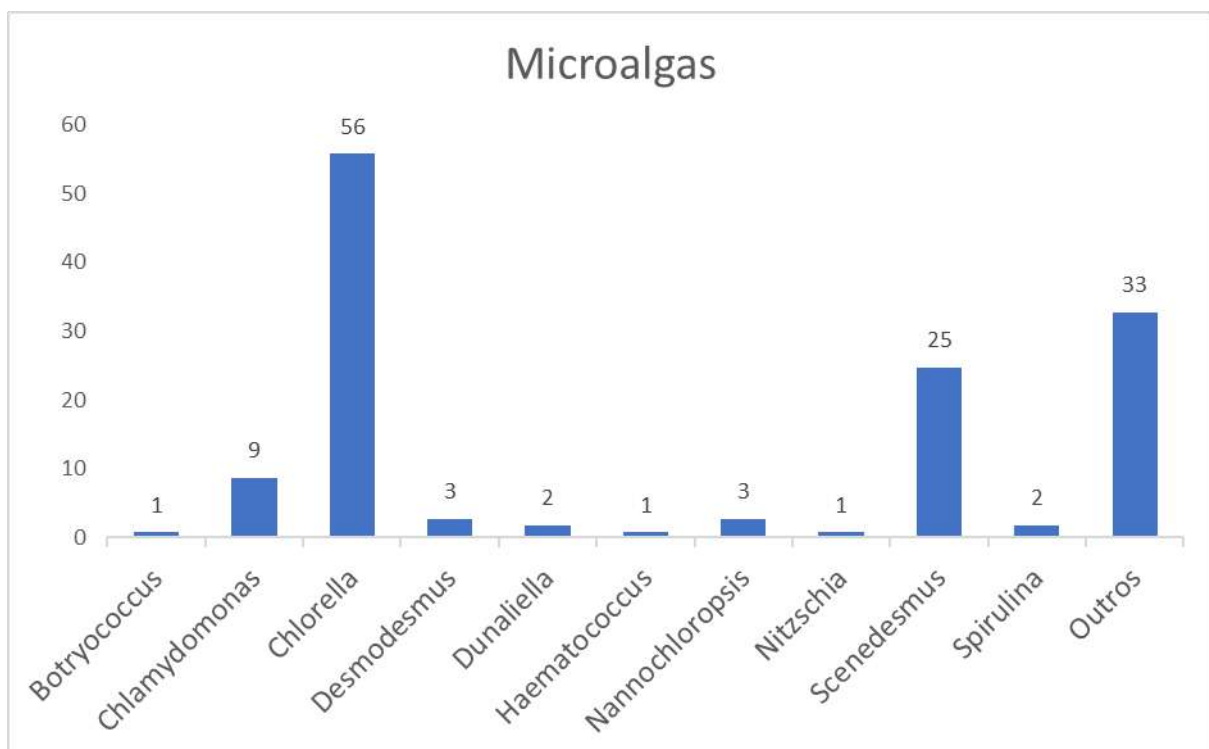


Gráfico 14. Análise das espécies de microalgas utilizadas no processo de tratamento de efluentes descritas nos artigos.

A presença de *Chlorella* no tratamento de efluentes corresponde a 33,7% dos artigos prospectados analisados. Em experimento realizado por Cheng et al. (2016) as eficiências de remoção de nitrogênio amoniacal, fosfato e DQO pela *Chlorella* atingiram valores de 99%, 99% e 68%, respectivamente. Além disso, os teores de lipídios e carboidratos acumulados

pela microalga aumentaram, devido à relativa deficiência de nitrogênio no meio de cultivo, quando as mesmas foram cultivadas com 15% de efluente pré-tratado.

Cheng et al. (2016) usaram a microalga *Chlorella* no tratamento de efluente de resíduos alimentares. O processo, que apresenta um etapa de pré-tratamento por ozonização, conseguiu resultados ideais de remoção de nutrientes, porém os custos de ozônio e aeração não foram mencionados (Yu et al., 2017).

Observa-se que 15% dos artigos prospectados analisados utilizaram cultivo de *Scenedesmus* no tratamento de efluentes. A microalga *Scenedesmus* foi cultivada no efluente modificado de águas residuais de uma planta industrial, segundo Zhen-Feng et al. (2011). Quando cultivadas em fotobiorreatores, há um grande crescimento de microalgas e baixas concentrações de nitrogênio e fósforo são alcançadas. Em processos contínuos de vazão de 60 L·h⁻¹ de efluente, a remoção de nitrato pode chegar a 46% e a de orto-fosfato a 100%. Por outro lado, o aumento de vazão para 120 L·h⁻¹, afetou o crescimento celular devido à grande quantidade de íons metálicos acumulados no meio. Entretanto, pode-se afirmar que a presença de luz é necessária para conseguir uma alta eficiência no tratamento de águas residuais e produção de biomassa.

IV.2.5 Tipo de efluentes a serem tratados

Em função da variedade de efluentes que contém nutrientes para o crescimento de microalgas, é necessária uma avaliação para identificar os principais efluentes mencionados nos artigos prospectados utilizados. No gráfico a seguir estão relacionados os efluentes tratados, encontrados nos artigos prospectados utilizados:

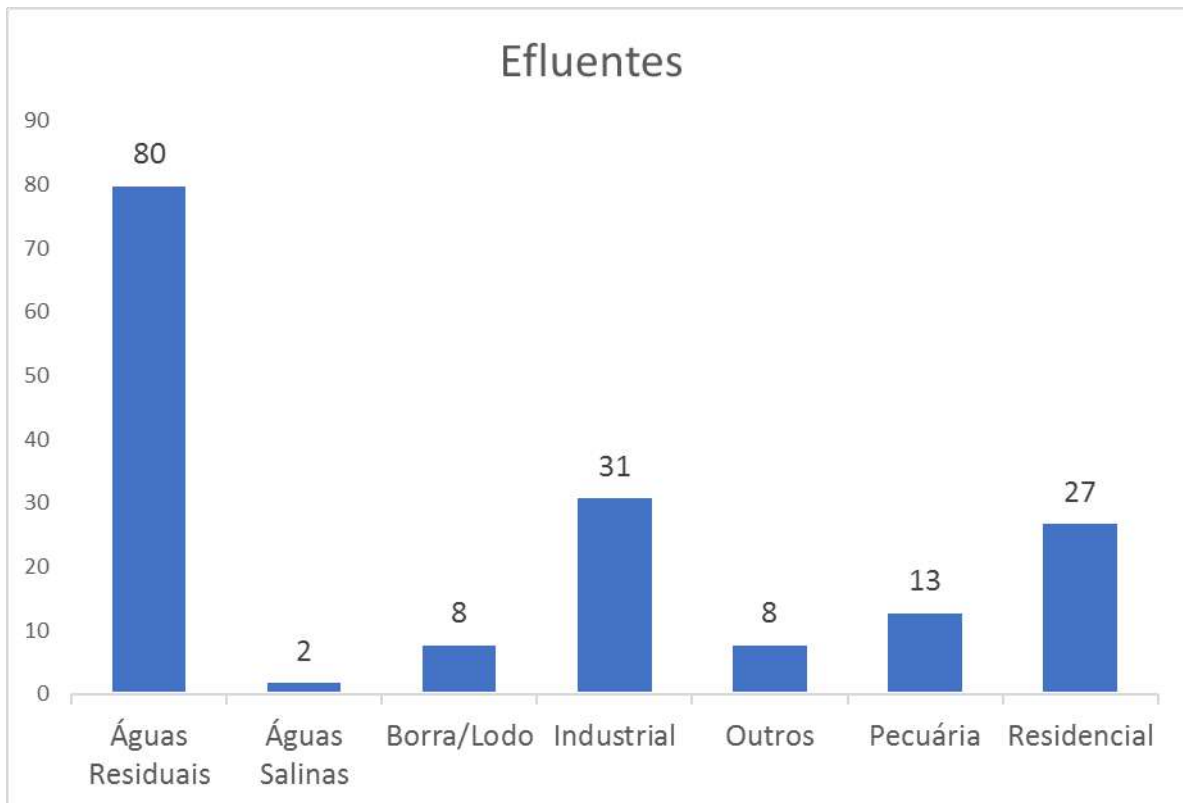


Gráfico 15. Análise dos tipos de efluentes tratados e descritos nos artigos.

De acordo com o gráfico, observa-se que poucos artigos mencionam o efluente tratado especificamente, ou seja, aproximadamente 80% dos artigos mencionam águas. Além, em um mesmo artigo, pode-se estudar mais de um tipo de efluente, principalmente residencial e industrial que são bastante mencionados e representam 16,2% e 18,6%, respectivamente, do total de artigos consultados.

Outros efluentes potenciais são os da pecuária, com 7,8% dos artigos publicados, e a parte líquida de borras e lodos de indústrias, principalmente de biogás, com 4,8%. Ainda foram mencionados efluentes com águas salinas, representando 1,2% dos artigos.

IV.2.6 Objetivos dos processos de tratamento de efluentes

Dentre as diversas vantagens do tratamento de efluentes com microalgas, é necessária uma análise dos principais objetivos do processo de tratamento de efluentes, descritos nos artigos prospectados analisados. Os pontos avaliados foram: cultivo e, conseqüentemente, produção de biomassa de microalgas; desenvolvimento de um novo cultivador (bio-reator), sistema de aeração ou utilização de energia solar, por exemplo; preocupação ambiental,

devido aos processos de eutrofização, aumento de CO₂ na atmosfera, poluição ambiental, entre outros fatores; produção de biocombustíveis, que majoritariamente, está associada com o acúmulo de lipídios nas células; remoção de nutrientes, sendo estes necessariamente nitrogênio e fósforo; e por fim, o interesse realmente em tratar o efluente que engloba um conjunto de fatores, como a diminuição da poluição ambiental, remoção não apenas de nitrogênio e fósforo, mas de outros compostos tóxicos, como metais pesados, e ainda o reuso do efluente tratado e a utilização da biomassa na produção de biocombustíveis, na indústria de ração, cosmética e alimentícia. O gráfico que aparece a continuação mostra os principais objetivos do processo de tratamento de efluentes, tratados nos artigos prospectados avaliados.

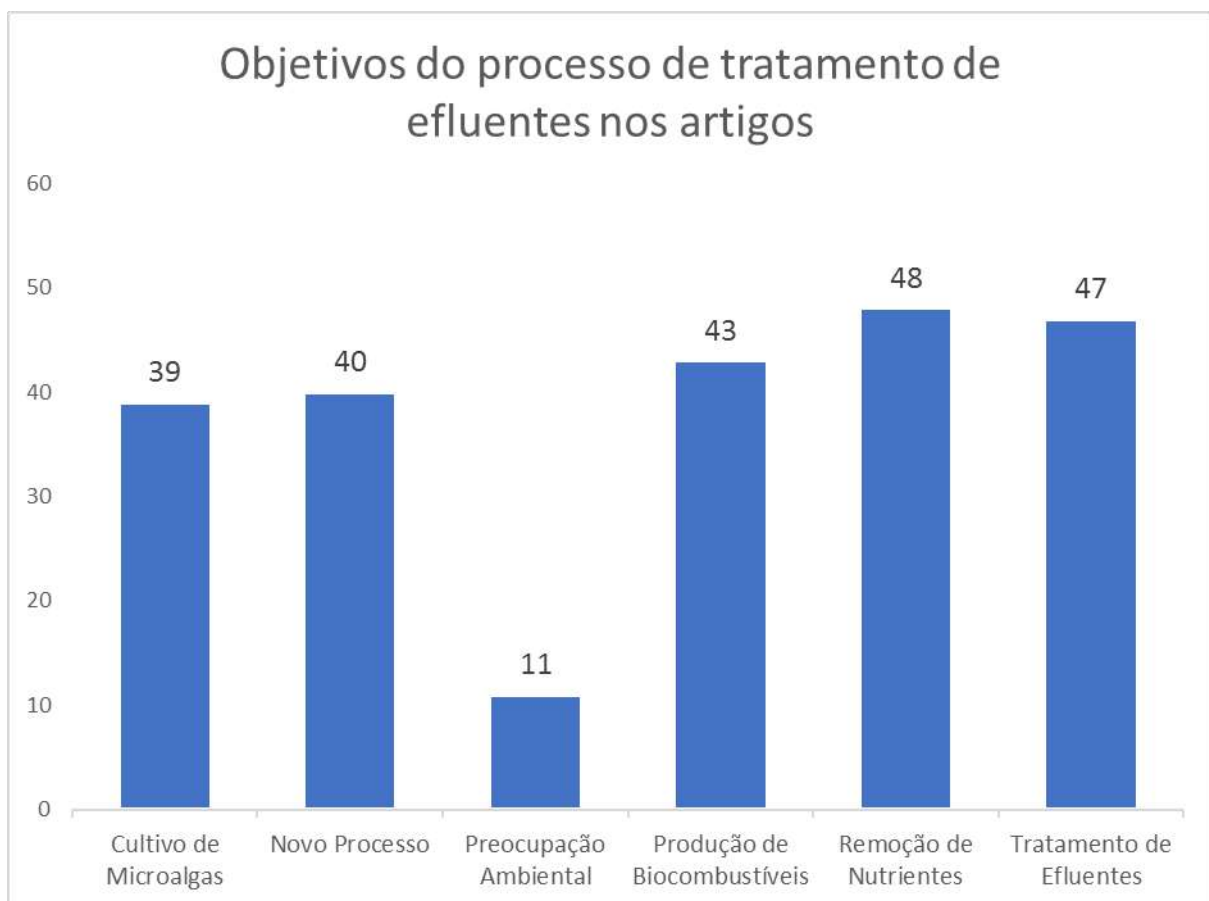


Gráfico 16. Avaliação dos principais objetivos do processo de tratamento de efluentes nos artigos prospectados.

É um gráfico bem distribuído e permite verificar que há um elevado número de artigos cujo foco é o tratamento de efluentes (28,3%). Em alguns trabalhos o tratamento de efluentes é avaliado com mais de um objetivo. É importante destacar que, além do interesse

em reduzir a concentração de contaminantes nos efluentes, existem outras motivações econômicas que estimulam o estudo e aplicação deste tipo de tratamento, fundamentalmente, a redução do custo dos meios de cultivo e conseqüentemente da biomassa de microalgas produzida.

O artigo analisado de Yu et al. (2017) apresentou dados de cultivo de microalga, remoção de nutrientes e produção de biocombustíveis. O cultivo de *Desmodesmus* em águas residuais de digestão anaeróbia, realizado durante 40 dias, apresentou remoção de nitrogênio e fósforo de 94,2% e 95,6%, respectivamente. Entretanto, o conteúdo lipídico apresentado foi relativamente baixo. Do ponto de vista de acúmulo de lipídios, o cultivo da microalga selecionada não foi satisfatório, mas por outro lado, a remoção de nutrientes foi eficiente. Isso ilustra que os artigos prospectados foram abrangentes nos interesses associados ao tratamento de efluentes.

Capítulo 5 – CONCLUSÕES

O tema abordado é de grande interesse desde o ponto de vista ambiental e econômico. A utilização de efluentes residenciais e industriais é considerada uma alternativa viável que visa diminuir o custo de produção de biomassa de microalgas por conceito de substituição dos produtos químicos de alto custo, utilizados na formulação dos meios de cultivo.

Na análise de evolução temporal de depósito de patentes, foi possível concluir que o tema já está bem difundido e pode-se dizer que de 2011 a 2016 a taxa de pedidos de depósito se manteve constante. No caso de artigos publicados, observou-se um crescimento de quase 50% de 2015 para 2016 e 2017.

A análise de distribuição de patentes por localidade mostrou o grande interesse da China nos depósitos, com crescimento de 45% no número de patentes depositadas em 2016 e previsão de ultrapassar os Estados Unidos e o Japão até 2020.

Em relação ao Índice Global de Inovação o Brasil ficou na 69ª posição no ranking entre 127 países e na 7ª posição regional entre 18 países, mesmo sendo a maior potência da América Latina e Caribe.

No caso de artigos, observou-se intensa pesquisa na China e Espanha.

Apenas 10% das patentes depositadas e dos artigos publicados utilizaram a simbiose de microrganismos no tratamento de efluentes.

O cultivo de microalgas em efluentes domésticos e industriais ainda é um desafio para os pesquisadores, principalmente pela competição com outros microrganismos.

O mapeamento das patentes e artigos permitiu identificar que as microalgas mais estudadas no tratamento de efluentes são a *Chlorella* e a *Scenedesmus*. Entretanto, existem microalgas com potencial para serem estudadas como *Botryococcus*, *Chlamydomonas*, *Desmodesmus*, *Nannochloropsis* e a *Spirulina*.

A maioria das patentes depositadas e artigos publicados prospectados apresentam significativo interesse nos efluentes residenciais e nos industriais. Os dados também apontam um aumento nas pesquisas utilizando efluentes da pecuária.

Os objetivos principais dos processos de tratamento de efluentes, nas patentes prospectadas, foram o próprio tratamento de efluentes, o desenvolvimento de novos processos e o cultivo de microalgas. Já nos artigos publicados os principais interesses são o cultivo de microalgas, novo processo, produção de biocombustíveis, remoção de nutrientes e claro, tratamento de efluentes.

A seleção de efluentes de maneira apropriada para o cultivo de microalgas resulta em diversos efeitos ambientais positivos e benefícios econômicos, sendo esta uma boa perspectiva de desenvolvimento de novas tecnologias.

Capítulo 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdala, R. (2012). BIOPURIN - SISTEMA INTEGRAL MIXOTRÓFICO (MICROALGAS-BACTERIAS) PARA LA BIODEGRADACIÓN DE PURINES, CAPTURA DE CO₂ Y PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE.

Acién, F., Fernández, J., Magán, J. and Molina, E. (2012). Production cost of a real microalgae production plant and strategies to reduce it. *Biotechnology Advances*, 30(6), pp.1344-1353.

Água, P. (2017). Pesquisa encontra microalgas que crescem em efluentes e geram biocombustíveis. [online] Tratamentodeagua.com.br. Available at: <https://www.tratamentodeagua.com.br/pesquisa-encontra-microalgas-que-crescem-em-efluentes-e-geram-biocombustiveis/> [Accessed 21 Jul. 2017].

AHMAD, A.L.; YASIN, N.H.M; DEREK, C.J.C.; LIM, J.K. Microalgae as a sustainable energy source for biodiesel production: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 15, p. 584–593, 2011.

ALBERTS, B.; JOHNSON, A.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WALTER, P. *Biologia molecular da célula*. Ed. Artmed, Porto Alegre, RS, 5ª ed. 1396 p., 2010.

AMARO, H.M.; GUEDES, A.C.; MALCATA, F.X. Advances and perspectives in using microalgae to produce biodiesel. *Applied Energy*, v. 88, p. 3402–3410, 2011.

AMARO, H.M.; GUEDES, A.C.; MALCATA, F.X. Advances and perspectives in using microalgae to produce biodiesel. *Applied Energy*, v. 88, p. 3402–3410, 2011.

Braile, P. M. *Manual de tratamento de águas residuárias industriais*. CETESB, São Paulo, 1979.

Branco. S. M. *Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária*. CETESB, São Paulo, 1971.

Beyers, R.J.; ODUM, H.T. *Ecological Microcosms*. Springer Verlag, New York, NY, 1993. 557 p.

BOLD, H.C. The morphology of *Chlamydomonas chlamydogama* sp. *Nov Bull. Torrey Bot. Club.*, v. 76, p. 101-108, 1949.

B.Dong, N. Ho, K.L.Ogden, R.G. Arnold, Cultivation of *Nannochloropsis salina* in municipal wastewater or digester centrate, *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 103 (2014) 45–53.

Cabanelas, I., Ruiz, J., Arbib, Z., Chinalia, F., Garrido-Pérez, C., Rogalla, F., Nascimento, I. and Perales, J. (2013). Comparing the use of different domestic wastewaters for coupling microalgal production and nutrient removal. *Bioresource Technology*, 131, pp.429-436.

Chang, Y., Wu, Z., Bian, L., Feng, D. and Leung, D. (2013). Cultivation of *Spirulina platensis* for biomass production and nutrient removal from synthetic human urine. *Applied Energy*, 102, pp.427-431.

Cheng, J., Ye, Q., Xu, J., Yang, Z., Zhou, J. and Cen, K. (2016). Improving pollutants removal by microalgae *Chlorella* PY-ZU1 with 15% CO₂ from undiluted anaerobic

digestion effluent of food wastes with ozonation pretreatment. *Bioresource Technology*, 216, pp.273-279.

Chen, Y., Tang, X., Kapoore, R., Xu, C. and Vaidyanathan, S. (2015). Influence of nutrient status on the accumulation of biomass and lipid in *Nannochloropsis salina* and *Dunaliella salina*. *Energy Conversion and Management*, 106, pp.61-72.

Chies, V. (2017). Pesquisa encontra microalgas que crescem em resíduos e geram biocombustíveis - Portal Embrapa. [online] Embrapa.br. Available at: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/20361833/pesquisa-encontra-microalgas-que-crescem-em-residuos-e-geram-biocombustiveis> [Accessed 23 Jul. 2017].

Chisti, Y., Biodiesel from microalgae, *Biotechnol. Adv.* 25 (2007) 294–306.

Chowdhury, R. and Freire, F. (2015). Bioenergy production from algae using dairy manure as a nutrient source: Life cycle energy and greenhouse gas emission analysis. *Applied Energy*, 154, pp.1112-1121.

Coelho, G. M. Prospecção Tecnológica: metodologias e experiências nacionais e internacionais: tendências tecnológicas: nota técnica 14. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Tecnologia, 2003. Projeto CTPETRO.

da Silva Cardoso, A., Eliza Gama Vieira, G. and Kappes Marques, A. (2011). O uso de microalgas para a obtenção de biocombustível. *Revista Brasileira de Biociências - Instituto de Biociências UFRGS*.

Elsevier.com. (2017). ScienceDirect | Elsevier's leading information solution | Elsevier. [online] Available at: <https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect> [Accessed 22 Jul. 2017].

Exclusivo.com.br. (2017). Brasil fica estagnado no Índice Global de Inovação. [online] Available at: http://www.exclusivo.com.br/_conteudo/2017/06/negocios/213438-brasil-fica-estagnado-no-ndice-global-de-inovacao.html [Accessed 21 Jul. 2017].

FENG, Y.; LI, C.; ZHANG, D. Lipid production of *Chlorella vulgaris* cultured in artificial wastewater medium. *Bioresource Technology*, v. 102, p. 101-105, 2011.

Ft.com. (2017). China poised to top global corporate patents. [online] Available at: <https://www.ft.com/content/384ba4b4-08dc-11e7-ac5a-903b21361b43?mhq5j=e1> [Accessed 21 Jul. 2017].

Godos, I., Vargas, V., Blanco, S., González, M., Soto, R., García-Encina, P., Becares, E. and Muñoz, R. (2010). A comparative evaluation of microalgae for the degradation of piggery wastewater under photosynthetic oxygenation. *Bioresource Technology*, 101(14), pp.5150-5158.

Guieysse, B., Borde, X., Munoz, R., Hatti-Kaul, R., Nugier-Chauvin, C., Patin, H., Mattiasson, B., 2002. Influence of the initial composition of algal-bacterial microcosms on the degradation of salicylate in a fed-batch culture. *Biotechnol. Lett.* 24, 531–538.

HAKALIN, N. L. S. Otimização das condições de cultivo da microalga *Scenedesmus* sp. para a produção de biodiesel. Instituto de Ciências Biológicas. Universidade de Brasília, 2014.

Hernández, E. and Olguín, E. (2002). Biosorption of Heavy Metals Influenced by the Chemical Composition of *Spirulina* sp. (*Arthrospira*) Biomass. *Environmental Technology*, 23(12), pp.1369-1377.

Hess, M. L. Histórico, conceito e aplicação – Curso sobre valos de oxidação. CETESB, São Paulo, 1971.

Hidaka, T., Inoue, K., Suzuki, Y. and Tsumori, J. (2014). Growth and anaerobic digestion characteristics of microalgae cultivated using various types of sewage. *Bioresource Technology*, 170, pp.83-89.

HUANG, G.; CHEN, F.; WEI, D. ZHANG, X.; CHEN, G. Biodiesel production by microalgal biotechnology. *Applied Energy*. v. 87, n. 1, p. 38-46, 2010.

HUERLIMANN, R.; NYS, R.; HEIMANN, K. Growth, lipid content, productivity, and fatty acid composition of tropical microalgae for scale-up production. *Biotechnology and Bioengineering*, v. 107, p. 245-257, 2010.

ISHIDA, Y.; HIRAGUSHI, N.; KITAGUCHI, H.; MITSUTANI, A.; NAGAI, S.; YOSHIMURA, M. A highly CO₂-tolerant diatom *Thalassiosira weissflogii* H1 enriched from coastal sea and its fatty acid composition. *Fish. Science*, v. 66, p. 655-659, 2000.

Jiang, L., Pei, H., Hu, W., Hou, Q., Han, F. and Nie, C. (2016). Biomass production and nutrient assimilation by a novel microalga, *Monoraphidium* spp. SDEC-17, cultivated in a high-ammonia wastewater. *Energy Conversion and Management*, 123, pp.423-430.

Jiang, L., Pei, H., Hu, W., Ji, Y., Han, L. and Ma, G. (2015). The feasibility of using complex wastewater from a monosodium glutamate factory to cultivate *Spirulina subsalsa* and accumulate biochemical composition. *Bioresource Technology*, 180, pp.304-310.

Ji, Y., Hu, W., Li, X., Ma, G., Song, M. and Pei, H. (2014). Mixotrophic growth and biochemical analysis of *Chlorella vulgaris* cultivated with diluted monosodium glutamate wastewater. *Bioresource Technology*, 152, pp.471-476.

Kupper, D., Tigre, P. B. *Prospecção Tecnológica*. In: Caruso, L. A.; Tigre, P. B. (Org.). *Modelo SENAI de prospecção: documento metodológico*. Montevideo: OIT/cinterfor, 2004.

Lardon, L., Hélias, A., Sialve, B., Steyer, J. and Bernard, O. (2009). Life-Cycle Assessment of Biodiesel Production from Microalgae. *Environmental Science & Technology*, 43(17), pp.6475-6481.

Lima de Araújo, W. and Pasqualetto, A. (2017). UTILIZAÇÃO DE ALGAS NO TRATAMENTO DE EFLUENTE DOMÉSTICO. Orientador Prof . Dr. titular da Universidade Católica de Goiás – UCG e do Centro Federal de Ensino Tecnológico de Goiás – CEFET-GO. Universidade Católica de Goiás.

LIANG, Y. Production liquid transportation fuels from heterotrophic microalgae. *Applied Energy*, v. 104, p. 860–868, 2013.

LOURENÇO, S. O. *Cultivo de microalgas marinhas: princípios e aplicações*. Ed. Roma, 1^a ed., São Paulo, p. 606, 2006.

Lv, J., Guo, J., Feng, J., Liu, Q. and Xie, S. (2016). A comparative study on flocculating ability and growth potential of two microalgae in simulated secondary effluent. *Bioresource Technology*, 205, pp.111-117.

Mahdavi, H., Prasad, V., Liu, Y., Ulrich, A.C., 2015. In situ biodegradation of naphthenic acids in oil sands tailings pond water using indigenous algae– bacteria consortium. *Bioresour. Technol.* 187, 97–105.

Manual de Oslo: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. 3. Ed. Paris: OCDE; Rio de Janeiro: FINEP, 2005.

Mata, T., Martins, A. and Caetano, N. (2010). Microalgae for biodiesel production and other applications: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(1), pp.217-232.

Maza-Márquez, P., González-Martínez, A., Rodelas, B. and González-López, J. (2017). Full-scale photobioreactor for biotreatment of olive washing water: Structure and diversity of the microalgae-bacteria consortium. *Bioresource Technology*, 238, pp.389-398.

Mcgowan M W, Johnson R L, Robinson T S, McGraw K S, Sylvester J W, Weidow J D (2011). Performing advanced water treatment using algae, comprises receiving continuous flow of water, pre-filtering received flow of water, and conditioning the pre-filtered flow of water to increase bio-availability of nutrient constituents. US2013126425-A1.

Muñoz, R. and Guieysse, B. (2006). Algal–bacterial processes for the treatment of hazardous contaminants: A review. *Water Research*, 40(15), pp.2799-2815.

MURADYAN, E. A.; KLYACHKO-GURVICH, G. L.; TSOGLIN, L. N.; SERGEYENKO, T. V.; PRONINA, N. A. Changes in lipid metabolism during adaptation of the *Dunaliella salina* photosynthetic apparatus to high CO₂ concentration. *Russian Journal Plant Physiology*, v. 51, p. 53-62, 2004.

Norsker, N., Barbosa, M., Vermuë, M. and Wijffels, R. (2011). Microalgal production — A close look at the economics. *Biotechnology Advances*, 29(1), pp.24-27.

Olguín, E. (2012). Dual purpose microalgae–bacteria-based systems that treat wastewater and produce biodiesel and chemical products within a Biorefinery. *Biotechnology Advances*, 30(5), pp.1031-1046.

Oliveira, P. A. V., e Colaboradores. Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos. Concórdia, SC: EMBRAPA/CNPSA, 1993.

Oswald, W.J., Gotaas, H.B., 1957. Photosynthesis in sewage treatment. *Trans. Am. Soc. Civil. Eng.* 122, 73–105.

Pires Teixeira, L. (2013). Prospecção Tecnológica: importância, métodos e experiências da Embrapa em Cerrados. Embrapa Cerrados. Planaltina, DF, pp.9-22.

PIORRECK, M.; BAASCH, K. H.; POHL, P. Biomass production, total protein, chlorophylls, lipids and fatty acids of freshwater green and blue-green algae under different nitrogen regimes. *Phytochemistry*, v. 23, n. 2 ,p. 207-216, 1984.

Pittman, J., Dean, A. and Osundeko, O. (2011). The potential of sustainable algal biofuel production using wastewater resources. *Bioresource Technology*, 102(1), pp.17-25.

Ramanan, R., Kim, B.H., Cho, D.H., Oh, H.M., Kim, H.S., 2016. Algae-bacteria interactions: evolution, ecology and emerging applications. *Biotechnol. Adv.* 34, 14–29.

RADMANN, M.E. & COSTA, J.A.U. Conteúdo lipídico e composição de ácidos graxos de microalgas expostas aos gases CO₂, SO₂ e NO. *Química Nova*, v. 31, n. 7, p. 1609-1612, 2008.

REYNOLDS C. S. *Ecology of Phytoplankton - Ecology, Biodiversity and Conservation*. Ed. Cambridge, ISBN: 9780521605199, 2006.

RIPPKA, R., DERUELLES, J., WATERBURY, J.B., HERDMAN, M. and STANIER, R.Y. Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria. *J. Gen. Microb.*, 111, 1-61, 1979.

ROUND, F.E. *Biology of the algae*. Publishers Ltd, London, 263 p., 1973.

Rosenberg, J., Oyler, G., Wilkinson, L. and Betenbaugh, M. (2008). A green light for engineered algae: redirecting metabolism to fuel a biotechnology revolution. *Current Opinion in Biotechnology*, 19(5), pp.430-436.

Ryu, B.G., Kim, W., Nam, K., Kim, S., Lee, B., Park, M.S., Yang, J.W., 2015. A comprehensible study on algal-bacterial communities shift during thiocyanate degradation in a microalga-mediated process. *Bioresour. Technol.* 191, 496– 504.

SALAZAR, I. A.S. *Avaliação da produtividade de biomassa e do conteúdo de óleo da microalga Desmodesmus sp. em diferentes condições de cultivo para aplicações industriais*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

Schenk, P., Thomas-Hall, S., Stephens, E., Marx, U., Mussgnug, J., Posten, C., Kruse, O. and Hankamer, B. (2008). *Second Generation Biofuels: High-Efficiency Microalgae for Biodiesel Production*. *BioEnergy Research*, 1(1), pp.20-43.

Sectes/Cedeplar. Metodologia de Prospecção Tecnológica – Projeto Oportunidades ao Desenvolvimento Sócio-Econômico e Desafios da Ciência, Tecnologia e da Inovação em Minas Gerais, Belo Horizonte-MG: Junho de 2009.

Sepúlveda, C., Ación, F., Gómez, C., Jiménez-Ruiz, N., Riquelme, C. and Molina-Grima, E. (2015). Utilization of centrate for the production of the marine microalgae *Nannochloropsis gaditana*. *Algal Research*, 9, pp.107-116.

Sivakumar, G., Xu, J., Thompson, R., Yang, Y., Randol-Smith, P. and Weathers, P. (2012). Integrated green algal technology for bioremediation and biofuel. *Bioresource Technology*, 107, pp.1-9.

Sobrinho, Pedro. Tratamento de esgotos domésticos através de filtros biológicos de alta taxa. Comparação experimental de meios de suporte de biomassa. In: Ver. DAE n° 135 – dez. 1983, 58-78 p.

Song, M., Pei, H., Hu, W. and Ma, G. (2013). Evaluation of the potential of 10 microalgal strains for biodiesel production. *Bioresource Technology*, 141, pp.245-251.

a.SUALI, E. & SARBATLY, R. Conversion of microalgae to biofuel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 16, p. 4316– 4342, 2012.

Tigre, P. *Gestão da Inovação*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

Tijani, H., Abdullah, N. and Yuzir, A. (2015). Integration of microalgae biomass in biomethanation systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, pp.1610-1622.

TORZILLO, G., GIANNELLI, L., MARTÍNEZ-ROLDÁN, A.J., VERDONE, N., DE FILIPPIS, P., SCARSELLA, M., BRAVI, M. Microalgae Culturing in Thin-layer Photobioreactors. *Chem. Eng. Trans.*, 20, 265 – 270, 2010.

Tundisi, J.G. Ambiente, Represas e Barragens. *Revista Ciência Hoje*. v.5, n.27, 1986a, p. 48-54.

Van Den Hende, S., Beyls, J., De Buyck, P. and Rousseau, D. (2016). Food-industry-effluent-grown microalgal bacterial flocs as a bioresource for high-value phycochemicals and biogas. *Algal Research*, 18, pp.25-32.

Von Sperling, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG. 3ª ed. Belo Horizonte, 2005.

Wijffels, R. and Barbosa, M. (2010). An Outlook on Microalgal Biofuels. *Science*, 329(5993), pp.796-799.

Wilhelm, P., Rudolph, J. and Steinmann, P. (2015). Effects of Pressurized Water Reactor Medium on the Fatigue Life of Austenitic Stainless Steels. *Journal of Pressure Vessel Technology*, 137(6), p.061404.

XIONG, W.; LI, X.; XIANG, J.; WU, Q. High-density fermentation of microalga *Chlorella protothecoides* in bioreactor for microbiodiesel production. *Applied Microbiology Biotechnology*, v. 78, p. 29–36, 2008.

XU, H.; MIAO, X.; WU, Q. High quality biodiesel production from a microalga *Chlorella protothecoides* by heterotrophic growth in fermenters. *Journal Biotechnology*, v. 126, p. 499–507, 2006.

YOO, C.; JUN, S.Y.; LEE, J.Y.; AHN, C.Y.; OH, H.M. Selection of microalgae for lipid production under high levels carbon dioxide. *Bioresource Technology*, v. 101, p. 71-74, 2010.

Yu, Z., Song, M., Pei, H., Han, F., Jiang, L. and Hou, Q. (2017). The growth characteristics and biodiesel production of ten algae strains cultivated in anaerobically digested effluent from kitchen waste. *Algal Research*, 24, pp.265-275.

Zanotelli, C.T., Costa, R.H.R., Pedromo, C.C e Rafikov, M. Modelagem matemática da remoção de nutrientes em lagoas facultativas com chicanas para dejetos suínos. In: Simpósio Italo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – SIBESA, 2002, Vitória, ES.

ZHENG, Y.; CHI, Z.; LUCKER, B.; CHEN, S. Two-stage heterotrophic and phototrophic culture strategy for algal biomass and lipid production. *Bioresource Technology*, v. 103, p. 484-4889, 2012.

Zhen-Feng, S., Xin, L., Hong-Ying, H., Yin-Hu, W. and Tsutomu, N. (2011). Culture of *Scenedesmus* sp. LX1 in the modified effluent of a wastewater treatment plant of an electric factory by photo-membrane bioreactor. *Bioresource Technology*, 102(17), pp.7627-7632.