



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL**

ANDREANDO RODRIGUES DE SOUSA

**REMOÇÃO DE NUTRIENTES DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO
EMPREGANDO O TRATAMENTO BIOLÓGICO A BASE DE ALGAS LIVRES**

**CAMPINA GRANDE
2019**

ANDREANDO RODRIGUES DE SOUSA

**REMOÇÃO DE NUTRIENTES DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO
EMPREGANDO O TRATAMENTO BIOLÓGICO A BASE DE ALGAS LIVRES**

Trabalho de Conclusão de Curso em Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de graduação em Química Industrial.

Área de concentração: Tratamento de Efluentes.

Orientador: Prof. Dr. Wilton Silva Lopes.

**CAMPINA GRANDE
2019**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S725r Sousa, Andreando Rodrigues de.
Remoção de nutrientes de lixiviado de aterro sanitário empregando o tratamento biológico a base de algas livres [manuscrito] / Andreando Rodrigues de Sousa. - 2019.
36 p. : il. colorido.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2019.
"Orientação : Prof. Dr. Wilton Silva Lopes, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - CCT."
1. Aterro sanitário. 2. Lixiviado. 3. Resíduos sólidos urbanos. 4. Tratamento do lixiviado. I. Título
21. ed. CDD 628.44

ANDREANDO RODRIGUES DE SOUSA

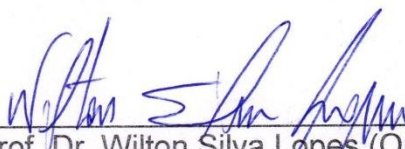
**REMOÇÃO DE NUTRIENTES DO LIXIVIADO EMPREGANDO O
TRATAMENTO BIOLÓGICO A BASE DE ALGAS LIVRES**

Trabalho de Conclusão de Curso
em Química Industrial da
Universidade Estadual da Paraíba,
como requisito parcial à obtenção
do título de graduação em Química
Industrial.

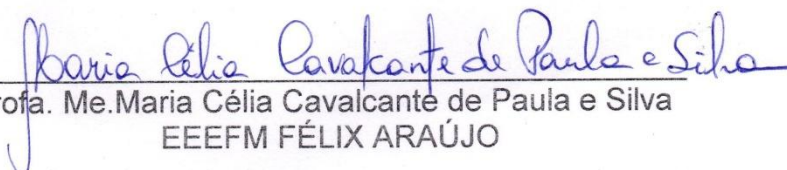
Área de concentração: Tratamento de Efluentes.

Aprovada em: 10/12/2019.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Wilton Silva Lopes (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Me. Maria Célia Cavalcante de Paula e Silva
EEEFM FÉLIX ARAÚJO



Prof. Dr. Valdenir Duarte Leite
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conduzir nos caminhos retos, me fazendo crescer mesmo nas minhas inconstâncias. Por abrir o meu coração e fazer dele terra fértil para o Seu agir, não para me engrandecer, mas para resgatar seus eleitos através da minha doação.

Agradeço aos meus pais, Antônio Leandro e Maria Anunciada, pela educação que me dão, pela compreensão com as minhas imaturidades, por me ajudarem a ser o homem que sou hoje. Por sempre oferecer aos meus fardos seus ombros para dividir o peso comigo.

Obrigado aos meus irmãos, Máira, Maiara, Andréia e André, e todos aqueles que o Senhor me presenteou. Vocês são peças-chaves na minha vida, para que eu pudesse permanecer fazendo a vontade de Deus e assim acolher o ser profissional.

Sou eternamente grato a Deus pelo presente mais caro que um ser humano possa ter. O anjo que o Senhor me confiou o dever, de mesmo nas minhas imperfeições conduzi-la para o céu. Obrigado pela minha namorada Rossana Vescya pela sua escuta e por me ajudar a crescer.

EU VOS AMO E NÃO MEÇO MINHA VIDA E FAVOR DA VOSSA.

RESUMO

O Resíduo Sólido Urbano produzido pelo aumento populacional acarreta danos ao ambiente dependendo do tipo de disposição final, seja esta feita em aterro sanitário ou em lixões a céu aberto, o descarte em lixão não apresenta requisitos técnicos que assegure a proteção para o ser humano e o ambiente natural que está inserido. O aterro sanitário é a forma mais segura de preservar o ambiente, mas este produz vetores de poluição que são altamente nocivos pela alta percentagem de matéria recalcitrantes, orgânica, gases tóxicos e N-amoniaco. O estudo foi desenvolvido no laboratório da Estação Experimental de Tratamento de Águas e Esgoto-EXTRABES. Seguiu as metodologias prescritas pelo Métodos Padrão para o Exame de Água e Águas Residuais, nos parâmetros de N, P total, OD turbidez e pH. O tratamento empregado a base de microalgas do tipo *Chlorella sp.* obteve resultados que indicam a mortalidade das células do microrganismo, pelo aumento da turbidez, a adaptação ao sistema de elevada carga orgânica e N-amoniaco, pode ser demonstrado pelo aumento suave de OD, indicando a respiração celular. Os valores de pH, sugerem que a via de remoção se deu por assimilação pelas microalgas, não por precipitação ou volatilização. As remoções atingiram percentuais abaixo do esperado, mas satisfatórios na remoção de nutrientes pelas características do LB, atingindo percentual de 9,76% e 47,22% de N e P respectivamente, o LB não está adequado para a disposição no ambiente pela carga nutricional remanescente.

Palavras-Chave: Nutrientes. Lixiviado. Aterro Sanitário.

ABSTRACT

Die Stedelike soliede afval wat deur die bevolking toename veroorsaak skade aan die omgewing hang af van die tipe van die finale wegdoening, hetsy in die stortingsterrein of in oop put stort, storting verkoop nie tegniese vereistes om beskerming te verseker vir die mens en die natuurlike omgewing wat ingevoeg word. Stortingsterrein is die veiligste manier om die omgewing te bewaar, maar dit produseer besoedeling vektore wat hoogs skadelik is deur die hoë persentasie van weerspannige, organiese, toksiese en N-ammoniacal saak. Die studie is ontwikkel in die laboratorium van die eksperimentele water-en Rioolbehandelingaanleg-EKSTRABES. Hy het die metodologieë wat voorgeskryf is deur die standaard metodes vir water-en afvalwater, in die parameters van N, totale P, Turbiditeit en PH gevolg. Die behandeling wat gebruik word as chlorella SP. mikroalge verkry resultate wat aandui die mortaliteit van mikroorganisme selle, deur die verhoging van turbiditeit, aanpassing aan die stelsel van 'n hoë organiese vrag en N-ammoniacal, kan gedemonstreer word deur die toename in OD, dui sel asemhaling. PH-waardes dui daarop dat die verwyderroete as gevolg van verplantingsvorming deur mikroalge, nie deur neerslag of vervlugtisering, was nie. Verskuiwings bereik persentasies onder verwagtings, maar bevredigend in die verwydering van voedingstowwe as gevolg van die eienskappe van LB, bereik 'n persentasie van 9,76% en 47,22% van N en P onderskeidelik, LB is nie voldoende vir die ingesteldheid in die omgewing deur die vrag voedingsstatus.

Keywords: Nutrients. Leachate. Sanitary landfill.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Aterro Sanitário Metropolitano.....	22
Figura 2 –	Avaliação da turbidez e oxigênio dissolvido.....	28
Figura 3 –	Variação do pH em relação aos dias de tratamento.....	29
Figura 4 –	Remoção de nitrogênio pelas algas.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Características do lixiviado.....	28
Tabela 2 –	Remoção de nitrogênio e fósforo por tipos diferentes de microalgas e efluentes.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APHA	STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER
AS	ATERRO SANITÁRIO
CONAMA	CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE
DBO	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO
DQO	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO
LB	LIXIVIADO BRUTO
OD	OXIGÊNIO DISSOLVIDO
N	NITROGÊNIO
RSU	RESÍDUO SÓLIDO URBANO
P	FÓSFORO
POA	PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	Resíduos sólidos urbanos	12
2.1.1	<i>Lixões</i>	12
2.1.2	<i>Aterros sanitários</i>	13
2.2	Lixiviado.....	14
2.2.1	<i>Tratamento do lixiviado</i>	16
2.3	Emprego de microalgas.....	17
2.4	Remoção de nutrientes.....	18
3	OBJETIVO.....	21
3.1	Objetivo geral.....	21
3.2	Objetivos específicos.....	21
4	METODOLOGIA.....	22
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
6	CONCLUSÃO.....	32
	REFERENCIAS.....	31

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda demográfica populacional está ligeiramente ligada a poluição do meio ambiente resultante da falta de meios de separação, seleção e descarte dos resíduos sólidos, domésticos e industriais. Os meios mais empregados de descartes em pequenas cidades do lixo produzido são por meio de lixões a céu aberto, desenvolvendo vetores de parasitas e doenças, podendo contaminar corpos subterrâneos e solo, ou, em aterros sanitários, que em seus processos físicos, químicos e biológicos geram produtos de alta poder agressivo ao ambiente.

Mundialmente a crescente demanda de consumo extrapola a velocidade de reposição natural, causando o desequilíbrio ambiental. Narcizo *et al.* (2019). FARIAS, Saulo no seu trabalho de estudo sobre o acúmulo de lixo em zona costeira, destaca o lixo como um problema social, descrevendo os resíduos plásticos com potencial danoso ao meio ambiente de vida marinha, incluindo mamíferos, aves e ser humano, causando desequilíbrio em meios sensíveis, diminuindo a qualidade do ambiente para animais e vegetais.

Segundo Ramos *et al.* (2018), o aumento dos RSU, está associada à crescente demanda populacional, revolução tecnológica e a urbanização, a diversidade de características dos RSU, está associada ao nível de escolaridade da população, aos costumes e hábitos, ao clima e as mudanças políticas. Os vazadouros ou lixões a céu aberto não possuem nenhum requisito técnico-científica de manejo em que possa dispor de técnicas para posterior tratamento dos resíduos sólidos sem ameaçar a qualidade de corpos de águas e solo (BETIO; SANTOS, 2016).

Oliveira *et al.* (2016) lixões a céu aberto promovem problemas ambientais e sanitários em zonas vizinhas, levando a multiplicação de vetores, contaminação do solo, do ar, de mananciais, os resíduos gerados possuem alto poder contaminador gerado pela disposição de materiais químicos e farmacêuticos; produtos tóxicos, mutagênicos e cancerígenos. Segundo (BETIO e SANTOS, 2016) a disposição da coleta dos RSU depende da construção e das condições geotécnicas, classificado pela condição de proteção a poluição do solo e de bacias hidrográficas, a melhor forma de acondicionar e garantir a proteção contra a poluição, é na forma de aterros sanitários.

Soares, Miyamaru e Martins (2017) a tendência do consumo humano é aumentar com o aumento populacional, com isso a produção de RSU, destacando a necessidade de políticas mais duras de fiscalização, os aterros sanitários é a viabilidade mais barata para acondicionamento dos RSU, sua construção garante a proteção do conjunto meio ambiente; solo, atmosfera; e seres humanos, diminuindo o impacto dos resíduos no ambiente natural.

Segundo Ramos *et al.* (2018), a conscientização da população em relação a poluição gera pressões no seio empresarial fazendo o corpo organizacional repensar em formas de tratar os seus respectivos resíduos, gerando vias para melhorias nos processos produtivos, visando diminuição de riscos e perdas econômicas.

KHANZADA, Zareen; ÖVEZ, Süleyman um dos principais pontos de despejo de resíduo sólido urbano ocorre em aterros sanitários, este sofre em decorrência da degradação do lixo diversas modificações em sua composição; degradação de matéria orgânica, por processos biológicos e físico-químicos, aumento do nível de nitrogênio amoniacal, destacado como principal ponto de toxicidade; descreve o lixiviado como um produto bastante tóxico, capaz de contaminar o solo, corpos aquáticos terrestres e subterrâneos, por conter compostos orgânicos xenobióticos, taninos, húmicos, e compostos de nitrogênio.

As diversas reações físicas, químicas e biológicas, causadas pelos microrganismos, incidência de chuvas nos aterros sanitários, em conjunto com o carregamento de elementos minerais, a percolação, a bioconversão de materiais orgânicos, são descritos como os principais meios de favorecimento da formação de vetores de poluição: o lixiviado e o biogás, Kawahigashi *et al.* (2014).

Lixiviado ou chorume é um líquido de coloração escura, alta complexidade de degradação, suas características; alto percentual de nitrogênio amoniacal, metais, carga orgânica, cloretos e substâncias húmicas; no seu coletivo este efluente requer um tratamento visando a melhor adequação às legislações vigentes trabalhando cima dos seu parâmetros físicos, químicos e biológicos (KAWAHIGASHI *et al.*, 2014).

A complexidade do efluente em questão é o cerne das investigações de muitos pesquisadores, destacando sempre o alto teor de nitrogênio amoniacal, materiais recalcitrantes e eutrofizantes, e alta carga orgânica, estes e outros

fatores caracterizam o lixiviado como um efluente de alta toxicidade, que pode gerar o desequilíbrio ambiental em todos os níveis tróficos, incluindo o ser humano.

Segundo Rocha *et al.* (2017) a eutrofização gerada em corpos aquáticos provenientes de efluentes secundários carregados de nutrientes, nitrogênio e fósforo gera desgastes no ecossistema e na qualidade da água. A utilização de microalgas para tratamento de águas residuárias se mostra bastante promissora, seu emprego diminui carga orgânica do efluente, reduz o teor de lodo gerado na remoção de nutrientes, diminui o custo do tratamento (KHANZADA, Zareen; ÖVEZ, Süleyman. 2017). Buscou a verificação da remoção de nutrientes de lixiviado empregando microalgas do tipo *Chlorella sp.* que apresentam destaque na assimilação de nitrogênio e fósforo, compostos estes descritos na literatura como plausíveis de serem tóxicos e eutrofizantes no meio ambiente.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Resíduos sólidos urbanos

Segundo Oliveira e Junior (2016), o aumento de produção de resíduos causa problemas sociais e ambientais; contaminação dos recursos hídricos, do solo e atmosfera; um dos principais desafios é o condicionamento destes. Para Domingos e Boeira (2015), os resíduos gerados não possuem forma de condicionamento adequado, o que acarreta em déficits monetários, poluição do meio ambiente e leva a impactos a saúde da população.

2.1.1 Lixões

Descrito como sendo a disposição direto do lixo no solo, lixões não possuem requisitos técnicos que atendam e preservem o meio ambiente juntamente como meio social, quando acumulado gera vias de poluição no solo; pela contaminação de metais pesados; em águas subterrâneas; gerada pelo chorume, produto líquido de coloração escura, contendo contaminantes químicos;

e do ar; formado pelos gases da decomposição do material (AZEVEDO *et al.*, 2015).

Segundo Oliveira *et al.* (2016) um dos principais problemas enfrentados pelas cidades está na disposição dos resíduos sólidos produzido, que não possuem sistemas de seleção definidos, gerando assim lixões a céu aberto que promovem problemas ambientais e sanitárias em zonas vizinhas, levando a multiplicação de vetores, contaminação do solo, do ar, de mananciais, os resíduos gerados possuem alto poder contaminador gerado pela disposição de materiais químicos e farmacêuticos; produtos tóxicos, mutagênicos e cancerígenos.

Os inúmeros problemas causados pela má disposição do lixo produzido nos centros urbanos levam a multiplicação de vetores; ratos, baratas, urubus; que podem vir a contaminar o ser humano (pelo contato direto os catadores recebem a maior carga de contaminação). Os lixões a céu aberto são marcas da falta de comprometimento com a sociedade, gerando impactos ambientais possivelmente imutáveis, causado pela decomposição e mudanças físico-química dos resíduos.

2.1.2 Aterros sanitários

Soares, Miyamaru e Martins (2017) os aterros sanitários é a viabilidade mais barata para acondicionamento dos RSU, sua construção garante a proteção do conjunto meio ambiente; solo, atmosfera; e seres humanos, diminuindo o impacto dos resíduos no ambiente natural.

A característica do RSU remonta a indicadores econômicos da sociedade, o impacto que este resíduo causa no ambiente necessita ser analisado e posto em questão, o objetivo primordial dos aterros sanitários é garantir a segurança à população, garantir a qualidade ambiental e servir de suporte econômico, por isso faz-se necessário conhecer as características dos resíduos para posterior tratamento (Nascimento *et al.*, 2015).

Segundo Ramos *et al.* (2018), o aumento dos RSU, está associada à crescente demanda populacional, revolução tecnológica e a urbanização, a diversidade de características dos RSU, está associada ao nível de escolaridade da população, aos costumes e hábitos, ao clima e as mudanças políticas. A utilização destes resíduos pela via energética é de grande interesse por parte das indústrias.

Conforme KHANZADA, Zareen; ÖVEZ, Süleyman um dos principais pontos de despejo de resíduo sólido urbano ocorre em aterros sanitários, este sofre em decorrência da degradação do lixo diversas modificações em sua composição; degradação de matéria orgânica, por processos biológicos e físico-químicos, aumento do nível de nitrogênio amoniacal, destacado como principal ponto de toxicidade; descreve o lixiviado como um produto bastante tóxico, capaz de contaminar o solo, corpos aquáticos terrestres e subterrâneos, por conter compostos orgânicos xenobióticos, taninos, húmicos, e compostos de nitrogênio.

O descarte de efluentes sem prévio tratamento no ambiente, causa impactos no equilíbrio de ecossistemas aquáticos e são receptores de doenças pela água contaminada, Narcizo *et al.* (2019). Corpos hídricos subterrâneos uma vez contaminados, têm sua recuperação impraticável, pelo fato de a manta de solo ainda estar contaminada, aumentando periodicamente o teor de contaminação do leito de água (BETIO; SANTOS, 2016).

As diversas reações físicas, químicas e biológicas, causadas pelos microrganismos, incidência de chuvas nos aterros sanitários, em conjunto com o carregamento de elementos minerais, a percolação, a bioconversão de materiais orgânicos, são descritos como os principais meios de favorecimento da formação de vetores de poluição: o lixiviado e o biogás, Kawahigashi *et al.* (2014).

Silva *et al.* (2019) no seu trabalho de tratamento de lixiviado de aterros sanitários descreve que, o lançamento do efluente em corpos aquáticos sem tratamento gera o enriquecimento nutricional do meio consecutivamente o aumentando do percentual de microalgas, causando a eutrofização do sistema hídrico.

2.2 Lixiviado

Lixiviado líquido é um produto gerado pela degradação e sequenciamento de diversas reações de matéria orgânica e inorgânica que tem efeitos recalcitrantes, gerado em aterros sanitários, seções de esgotos domésticos, causado pelo acúmulo e falta de tratamento adequado e descarte de resíduos sólidos. O lixiviado apresenta características peculiares; dependente da região, umidade do

ar, incidência de chuva, contaminação por metais pesados; destacando sua alta complexidade no tratamento.

Moravia, Lange e Amaral (2011) lixiviado é um líquido formado pela umidade natural, da água dos compostos orgânicos, em conjunto com materiais dissolvidos, biodegradados gerado pela decomposição por microrganismos, descrito pela sua coloração forte, concentração de amônia elevado, substâncias tóxicas e orgânicas, características que denotam o líquido com potencial contaminador.

Pela definição de Maia et al. (2015), em relação a característica do resíduo e do solo:

“O lixiviado de aterro sanitário caracteriza-se como um complexo de diferentes misturas de contaminantes orgânicos e inorgânicos recalcitrantes, tais como ácidos húmicos e fúlvicos (Fan et al., 2006), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (Jonsson; Ejlertsson; Svensson, 2003; Marttinen; Kettunen; Rintala, 2003), éter byphenylo polybrominato (OSAKO; KIM; SAKAI, 2004; WU et al., 2011), pesticidas (O'MAN & JUNESTEDT, 2008), elementos-traço (JENSEN; LEDIN; CHRISTENSEN, 1999) e altos níveis de nitrogênio amoniacal (AZIZ et al., 2010).”

Para Vasconcelos *et al.* (2017), lixiviado é descrito como uma mistura de líquidos, que são provenientes da atividade microbiológica, da umidade ambiente, da infiltração e de materiais lixiviados do solo, a idade do aterro sanitário e influência na carga orgânica do lixiviado, aumentando o percentual de substâncias recalcitrantes.

Lixiviado ou chorume é um líquido de coloração escura, alta complexidade de degradação, suas características; alto percentual de nitrogênio amoniacal, metais, carga orgânica, cloretos e substâncias húmicas; no seu coletivo este efluente requer um tratamento visando a melhor adequação às legislações vigentes trabalhando cima dos seu parâmetros físicos, químicos e biológicos (KAWAHIGASHI *et al.*, 2014).

A complexidade do efluente em questão é o cerne das investigações de muitos autores, destacando sempre o alto teor de nitrogênio amoniacal, materiais recalcitrantes e eutrofizantes, e alta carga orgânica, estes e outros fatores caracterizam o lixiviado como um efluente de alta toxicidade, que pode gerar o desequilíbrio ambiental em todos os níveis tróficos, incluindo o ser humano.

2.2.1 Tratamento do lixiviado

O tratamento faz-se necessário para atender a critérios de órgãos ambientais, destinados a proteger a flora e fauna naturais. Segundo o CONAMA

(Conselho Nacional do Meio Ambiente) define que todo efluente de fonte poluidora deve receber o devido tratamento, destinado cumprir a critérios e exigências padrões consideráveis, que por sua vez não venha a causar contaminação dos meios hídricos.

Destinados a cumprir os padrões de tratamento estipulados pelos órgãos de defesa ambiental e proteger o meio ambiente, vários estudos vêm sendo desenvolvidos para melhorar a qualidade de efluentes domésticos, industriais e efluentes de AS gerado a partir da decomposição do lixo: o lixiviado. Os processos mais largamente empregados são:

Processos químicos como o POA destacam-se pela sua tratabilidade, promovendo a degradação e a mineralização dos compostos orgânicos, gerado pela formação de radicais hidroxila ($\bullet\text{OH}$), que tem a capacidade oxidar parcialmente a matéria orgânica presente no lixiviado, aumentando consecutivamente sua degradabilidade. Outro processo que também se destaca pela sua característica de oxida o material orgânico é o POA/Fenton, sua utilização necessita da adição de sais ferrosos para sempre dar continuidade a formação do radical hidroxila ($\bullet\text{OH}$) (MORAVIDA; LANGE; AMARAL, 2011, v. 34, p. 1370).

Webler, Mahler e Dezotti (2018) no tratamento empregando o conjunto: coagulação/floculação, air stripping, ozonização e lodo ativado, obteve bons resultados em deposição; de nitrogênio pelo método air stripping, decaimento da toxicidade pela ozonização, da carga orgânica pelo processo coagulação/floculação; o que possibilita a melhor remoção na utilização do processo biológico por lodo ativado.

Segundo Maia *et al.* (2015) o tratamento biológico tem o objetivo de assimilar e diminuir as concentrações presentes no lixiviado de frações de compostos orgânicos e inorgânicos. Para Vasconcelos *et al.* (2017), o tratamento à base de coagulação/floculação é satisfatoriamente empregado para o tratamento pela sua alta interação com substâncias húmicas do efluente.

Silva *et al.* (2019) influenciado pela sua composição e variação proveniente dos resíduos sólidos, do tipo de solo, da composição química do lixiviado, as condições do aterro e da incidência de chuva, características que formam um conjunto complexo para a avaliação da tratabilidade pela via biológica.

Segundo Fontoura (2017) o uso de microalgas é bastante atrativo por diversos fatores benéficos ao meio ambiente e simplicidade, a característica de utilização de matéria orgânica e nutrientes de efluentes gerando biomassa valiosas com a remoção também de materiais tóxicos como os metais pesados.

2.3 Emprego de microalgas

Segundo Araújo *et al.* (2017), as algas são seres celulares desenvolvidos que realizam fotossíntese, presentes em demasia em corpos hídricos, lagos, rios e oceanos. Dias *et al.* (2019) conjunto de microrganismos algais, quem em sua composição apresentam pigmentos fotossintetizantes, englobando espécies simples e complexas. De acordo com (BUENO; SILVA, 2017) sua estrutura unicelular permite a facilidade de conversão da luz solar em química.

Na concepção de LOPES (2017) as algas são os organismos presentes em variados meios aquáticos decompositores de matéria orgânica, fazem parte da fonte básica de alimento no nível trófico e produzem oxigênio garantindo o metabolismo de organismos consumidores, vários estudos colaboram no destaque das microalgas na remoção de nutrientes, biofixação do CO².

A utilização de microalgas para tratamento de águas residuais se mostra bastante promissora, seu emprego diminui carga orgânica do efluente, reduz o teor de lodo gerado na remoção de nutrientes, diminui o custo do tratamento (KANZADA, Zareen; ÖVEZ, Süleyman. 2017). É substancialmente benéfica ecologicamente, por liberar oxigênio e capturar o dióxido de carbono da atmosfera, tendo sua aplicação em biofertilizantes e biocombustíveis. AMENORFENYO *et al.*, 2019.

Para Renuka, *et al.* (2014), o tratamento de águas residuais por microalgas destaca-se pela viabilidade econômica e ecológica, na sua versatilidade na biorremediação dos meios eutrofizados, gerando biomassas de alto valor para indústrias farmacêuticas, de combustível e alimentícia. Ampliando seu valor comercial para pigmentos, compostos bioativos e antioxidantes, podendo ser aplicado para alimentação animal (ROCHA *et al.*, 2017).

2.4 Remoção de nutrientes

Segundo Dias et al. (2019), o despejo de efluentes de origem domiciliar, industrial e agroindustrial, contendo compostos orgânicos e inorgânicos podem gerar nos corpos hídricos a proliferação de microrganismos autotróficos, causado pela acumulação de nutrientes provindo destes despejos, quebrando o equilíbrio do ecossistema aquático, destacando a dispersão de contaminantes pelo meio bastante rápida.

A adaptação de sistemas convencionais em grande escala de tratamento de efluentes por métodos físico-químicos, não apresentam boa reprodutibilidade para sistemas de escala menores, pela dificuldade de adaptação em gastos de energia, produtos terciários complexos de recuperação, tempo de retenção e custos de reagentes complexantes, em comparação com o tratamento da base de microalgas, destaca-se pela baixa produção de lodo, menor custo energético, dependente expressivamente da temperatura de interação (Bunce *et al*, 2018).

Para Bunce *et al*. (2018), os tratamentos atuais empregados para controle de compostos eutrofizantes, destacando o fósforo, apresentam sua principal aplicação em plantas maiores como de Estação de Tratamento de Água e Esgoto-ETA, em contrapartida o controle menos rigoroso em sistemas domésticos simples, em que necessitaria de sistemas menores, tem sua concentração de fósforo subestimada. Para Araújo *et al*. (2017), a remoção de nutrientes por via biológica é relevante para os tratamentos de efluentes domésticos, destacado como principal fator de contaminação de corpos aquáticos.

A grande demanda de água empregada pelas indústrias, para a produção de seus produtos, gera associadamente elevada quantidade de água residual, pela limpeza do local de trabalho, de máquinas e necessidades fisiológicas. Efluentes industriais se não forem pré-tratados antes de serem lançados ao meio ambiente causa danos a fauna, a população que reside a próximo ao corpo hídrico, pelo seu elevado valor nutricional em nitrogênio, fósforo e matéria orgânica. Destacando a preocupação com estes efluentes de potencial contaminador ambiental (Amenorfenyo *et al*, 2019).

Para LOPES (2017) as práticas antropológicas aumentam a entrada de nutriente; N e P, principais elementos responsáveis pela eutrofização, causando o

crescimento de plantas e algas, diminuindo a disponibilidade de OD, aumentar o pH do ambiente e afetar a incidência de luz. Segundo Rocha *et al*, (2017) a eutrofização gerada em corpos aquáticos provenientes de efluentes secundários carregados de nutrientes, N e P gera desgastes no ecossistema e na qualidade da água.

Segundo Fontoura (2017) podemos ver na Tabela 1 alguns resultados de remoção de nutrientes, N e P, em relação aos tipos de microalgas: *Chlorella sp.* e *vulgaris*, para a tratabilidade de diferentes efluentes, nesses estudos observamos satisfatórios resultados de remoção para o N e P. Caracterizando neste trabalho a utilização do microrganismo *Chlorella sp.*

TABELA 1. Remoção de nitrogênio e fósforo por tipos diferentes de microalgas e efluentes.

Microalga	Tipo de efluente	Tipo de tratamento	Remoção (%)			Referências
			Nitrogênio total	Nitrogênio amoniacal	Fósforo	
<i>Chlorella vulgaris</i>	Industrial da fabricação do ácido cítrico		94,4	100	90,6	Li et al. (2013)
<i>Chlorella sp.</i>	Efluente municipal secundário	Filtração (0,2 µm)	92		86	Cho et al. (2011)
<i>Chlorella sp.</i>	Efluente municipal secundário	Filtração (0,1 µm)	85		84	Cho et al. (2011)
<i>Chlorella sp.</i>	Efluente municipal secundário	Radiação UV (3 min)	75		84	Cho et al. (2011)
<i>Chlorella vulgaris</i>	Efluente municipal	Tratamento primário		96	77	Batista et al. (2015)
<i>Chlorella vulgaris</i>	Efluente sintético	Autoclavagem		99	95	Yujie et al. (2011)
<i>Chlorella vulgaris</i>	Industrial de laticínio biodigerido	Filtrado (0,15 µm)	78,3	100	71,6	Wang et al. (2010)

Fonte: Fontoura (2017, com adaptações)

3. OBJETIVOS:

3.1 Objetivo Geral

Analisar a eficiência das algas no tratamento de lixiviado de aterro sanitário visando a remoção de nitrogênio e fósforo.

3.2 Objetivos específicos

- Melhorar a qualidade o efluente proveniente do AT;
- Descrever as características físico-químicas do LB;
- Analisar o tratamento à base de microalgas (*Chlorella sp.*);
- Destacar o potencial biorremediador da microalga;
- Analisar a percentagem de remoção de N e P.

4. METODOLOGIA

O trabalho de tratamento do efluente foram conduzidas entre os meses de agosto a novembro de 2019. Para o tratamento de remoção de nutrientes foi realizado no laboratório, Estação Experimental de Tratamento de Águas e Esgotos-EXTRABES (UEPB), situado em Campina Grande - PB, no bairro do Tambor.

4.1 Microalgas *Chlorella sp.*

As algas empregadas no tratamento do lixiviado foram isoladas do lixiviado de aterro sanitário, cultivadas em meio nutritivo MBB, Meio Basal de Bold's (BISCHOFF e BOLD, 1963; BOROWITZKA, 1988), previamente esterilizado em autoclave; 121 °C por 15 min; as microalgas foram expostas a uma condição favorável para o seu crescimento, em relação a luminosidade, aeração, tempo, pH e temperatura.

4.2 Lixiviado

A amostra do lixiviado foi coletada do aterro sanitário situado na cidade de João Pessoa - PB (Figura 1), sua atividade foi iniciada em 2003, está sob administração da empresa FOXX, sendo fiscalizada pelas cidades do CONDIAM (Consórcio de Desenvolvimento Intermunicipal da Área Metropolitana de João Pessoa), O lixiviado foi acondicionado em recipientes plásticos do tipo tonel de polietileno, com tampas selantes, garantindo a hermeticidade ao sistema, mantendo-o em ambiente natural pós coleta.

Na EXTRABES, o resíduo foi caracterizado física e quimicamente seguindo o que está preconizado em APHA (2012) e cromatografia iônica Dionex. Durante a coleta de cada amostra, foi realizado a homogeneização, caracterizou o lixiviado bruto, neste empregou-se o tratamento com microalgas do tipo *Chlorella sp.* em um biorreator, alimentado em regime de batelada, sistema de 500 mL de volume de LB alimentado com 10 mL de cultivo de microalgas. Mantido em iluminação intermitente fazendo análise a cada 48 horas, durante 336 horas, estudou-se os seguintes parâmetros: turbidez, pH, OD, N e P, foram analisados durante 14

(quatorze) dias para descrever se o tratamento biológico contribui para diminuir o risco ambiental do efluente.

Figura 1 – Aterro Sanitário Metropolitano



Fonte: <https://www.saneamentobasico.com.br/pavimentacao-acesso-aterro-sanitario/>

4.3 Turbidez

Empregou-se o turbidímetro, previamente calibrado, seguiu os Métodos Padrão para o Exame de Água e Águas Residuais 2130 para analisar o nível de turvação do fluido e/ou a matéria suspensa na forma de colóides. Para o teste de turbidez a amostra foi homogeneizada manualmente. Lavou-se o recipiente de leitura com água destilada, secou com papel absorvente e mediu-se a turbidez do lixiviado bruto.

4.4 PHmetro

Empregou-se os Métodos Padrão para o Exame de Água e Águas Residuais 4500, para análise de pH do lixiviado, com suas diluições, e do MBB. Utilizou-se o pHmetro de bancada, foi calibrado com soluções tampões de pH 4,0 e 7,0, depois de atingir temperatura ambiente. As amostras foram homogeneizadas manualmente e mediu-se o seus respectivos potencial hidrogeniônico com a correção da temperatura pelo termômetro do próprio pHmetro.

4.5 Oxigênio Dissolvido

Seguiu os Métodos Padrão para o Exame de Água e Águas Residuais 4500, o leitor de oxigênio dissolvido, foi calibrado segundo indicação do manual, lavando o eletrodo com água destilada e retirando o remanescente de água do eletrodo com papel absorvente, permanecendo em contato com o ar atmosférico para estabilidade do eletrodo. Seguiu a medição pós calibração. Diligenciou não agitar o recipiente, para não perder oxigênio para o meio atmosférico.

4.6 Nitrogênio

Analisou-se a amostra no teor de nitrogênio pelos Métodos Padrão para o Exame de Água e Águas Residuais 4500, as amostras foram destiladas em destilador de nitrogênio, foi retirada das amostra uma alíquota para análise, adicionou com a amostra em um tubo digestor o tampão borato com algumas gotas (1-3 gotas) de hidróxido de sódio e posta para digerir.

Para cada amostra um erlenmeyer utilizado, adicionado uma porcentagem de indicador misto que receberá o que foi digerido, até que complete uma porção de 50 mL. Encaminhou as amostras após destilação para serem tituladas com ácido sulfúrico, anotou-se os valores gastos e os adiciona na fórmula abaixo.

$$NT = [(V1 - V2) \times N \times F \times 14000] / 10 \quad (1).$$

Onde:

NT= Nitrogênio total (mg);

V1= Volume gasto na titulação da amostra (mL);

V2=Volume gasto na titulação do branco (mL);

N= Normalidade do ácido sulfúrico (eq.g/L);

F= Fator de correção para o ácido sulfúrico

4.7 Fósforo Total

Seguiu o método diligentemente pesando a quantidade fixa de persulfato de amônio, em tubos de ensaio com tampas contendo vedantes emborrachados, na análise colorimétrica e fotométrica de fósforo total seguiu os Métodos Padrão para o Exame de Água e Águas Residuais 4500. O Experimento foi conduzido em

duplicata, construiu-se uma curva de calibração, destinada a melhor conformar e uniformizar os dados coletados.

4.7.1 Curva de calibração

Adicionou em cada tubo de ensaio contendo persulfato de amônio uma alíquota dos padrões de fósforo; com a solução digestora, e levou para o bloco digestor por um intervalo de tempo de 40 min a 120 °C. Preparou-se o reagente combinante, composto por soluções: ácido sulfúrico, molibdato de amônio, tartarato de antimônio e potássio e ácido ascórbico, preparado no decorrer do experimento. adicionou aos tubos de ensaio após esfriar depois de passar pelo bloco digestor, a solução de reagente combinante e conjunto com hidróxido de sódio e fenolftaleína, homogeneizou o material no vortex e esperou 10 min para a leitura. Calibrou-se o espectrofotômetro, com o branco da curva de calibração no comprimento de onda de 880 nm, leu as amostras em cubeta acrílica, lavando a cubeta com água destilada no decorrer das leituras.

4.7.2 Análise das amostras para fósforo total

As amostras receberam o mesmo tratamento aplicado à construção da curva de calibração, partindo desde a pesagem a leitura no espectrofotômetro. Dilui o lixiviado bruto previamente homogeneizado em uma proporção de 1:5, e seguiu-se as etapas de transferência; para os tubos de ensaio contendo persulfato de amônio; digestão, mistura; adição de reagente combinado; homogeneização e leitura. O valor encontrado foi adicionado na fórmula da equação da reta provinda da curva de calibração, encontrando assim sua respectiva concentração.

4.8 Percentagem de remoção de nutrientes

Empregou-se o tratamento de microalgas para remoção de nutrientes: N e P, sua eficiência foi calculada pela Equação (2), os valores empregados foram do primeiro dia e do último dia de interação do LB com as células de microalgas.

$$\eta = \left| \left[\frac{C^f [N/F]}{C^0 [N/F]} - 1 \right] \right| \times 100\% \quad (2)$$

Onde:

η = Eficiência de remoção (%);

C^f [N/F] = Concentração final de nitrogênio ou fósforo (mg/L);

C^0 [N/F] = Concentração inicial de nitrogênio ou fósforo (mg/L).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A caracterização (Tabela.1) prévia do LB descreve os parâmetros que permitem ser considerados para sua tratabilidade, pontuando suas magnitudes, prescrevendo sua complexidade em diversos pontos à serem trabalhados para melhorar a qualidade do efluente, neste buscou a remoção do fósforo; principal composto recalcitrante; e nitrogênio; composto descrito na literatura que provavelmente indica maior percentual de toxicidade.

TABELA 2. Características físico-química do lixiviado de AS aplicado no estudo.

PARÂMETRO	Magnitude
Alcalinidade total CaCO ₃ /L	12442
Ácidos Graxos Voláteis (HAC/L	3236
DQO total (mgO ₂ /L)	3647,8
DQO filtrada(mgO ₂ /L)	2270,6
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	1163,2
NTK(mgN/L)	2710
N-NH ₄ ⁺ (mg- NH ₄ ⁺ /L)	2514
N-NO ₃ ⁻ (mg N- NO ₃ ⁻ /L)	7,38
NO ₂ ⁻ (mgNO ₂ ⁻ /L)	-
ST (mg/L)	16003,3
STV (mg/L)	5430
STF (mg/L)	10573,33
SST(mg/L)	210
SSV(mg/L)	193,33
SSF(mg/L)	16,67
Ortofosfato(mg Orto-P/L)	14,184
Fósforo Total(mg/L)	18,03
Cl ⁻ (mg/L)	3619,8
Na ⁺ (mg/L)	2301
K ⁺ (mg/L)	2000
Mg ⁺ (mg/L)	275,04
Ca ⁺⁺ (mg/L)	626,46
pH	7,94

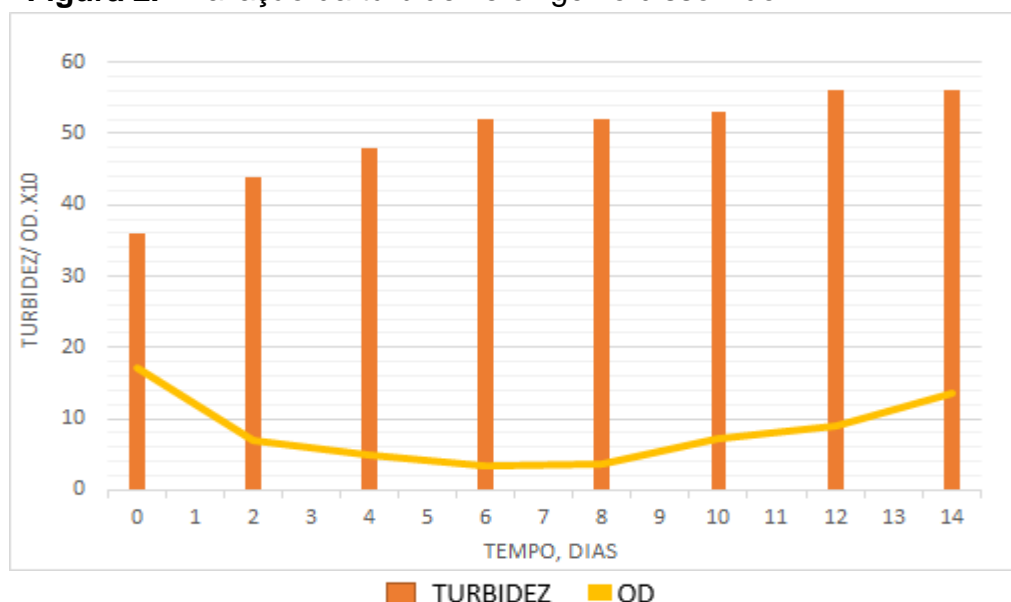
Fonte: autoral.

Na caracterização do LB encontramos parâmetros que apresentam em sua magnitude altos percentuais de substâncias orgânicas, elevada alcalinidade, alto teor de nitrogênio amoniacal e substâncias recalcitrantes. Descrevendo o LB como um produto de elevada complexidade para o tratamento, sua elevada toxicidade e poder contaminante, descreve este produto como substancialmente agressor se este for disposto ao meio ambiente sem tratamento ou sem sequestro dos compostos nocivos.

DANTAS (2018) um parâmetro destinado a averiguar o tipo de tratamento aplicado ao LB, tem o aporte na relação dos valores decorrentes de DBO e DQO. A relação DBO5/DQO fornece a informação do potencial da biodegradabilidade da matéria orgânica do produto. O valor encontrado neste estudo, 0,32, indica que o LB é proveniente de um AS antigo, e pouca disponibilidade de matéria orgânica biodegradável. Este parâmetro ainda não possui a solidez para indicar o melhor tipo tratamento, mas é largamente aceito por diversos autores.

Em estudo de Silva, *et al.* (2019) a *Chlorella sp.* dominou nos sistemas de lagoa de tratamento do LB, adaptando-se ao meio, contribuindo para o sequestro de N. Renuka, *et al.* (2014), KANZADA, Zareen; ÖVEZ, Süleyman. (2017) o tratamento biológico a base de algas se mostra bastante promissora por apresentar características de boa assimilação de nutrientes e de compostos orgânicos, juntamente com compostos tóxicos e metais, destacando a via de conversão biológica a via mais barata e ecológica. Apresentando neste estudo como a melhor viabilidade de tratamento.

Os valores de turbidez crescente, apresentados na Figura 2, pode indicar a morte celular das microalgas no sistema, explicando os valores em decaimento do OD, até o oitavo dia de análise, a partir deste dia volta a ascender substancialmente o valor do OD, provavelmente indicando que, as células ao se adaptam ao sistema inóspito do LB, voltando a realizar fotossíntese.

Figura 2. Avaliação da turbidez e oxigênio dissolvido.

Fonte: autoral.

Segundo ROCHA *et al*, (2017). na assimilação nutricional pelas algas o pH se eleva do meio, em um pH básico, o nitrogênio sai do íon amônio para amônia livre e volatiliza, em relação ao fósforo em pH de faixa 9-11 o íon de fosfato tende a ser precipitado. para nitrogênio e fósforo, o pH substancialmente descreve como estar arranjado o nutriente para ser absorvido pelas algas. o nitrogênio é absorvido na sua forma oxidada metabolizado em aminoácidos, o fósforo é absorvido para ser convertido em energia na forma de ATP.

Podemos observar na Figura 3 que o pH do sistema monitorado mantém-se em média de 8,88. O que possivelmente pode indicar que a principal remoção de nutricional de N e P foi pela assimilação metabólica das microalgas.

LOPES (2017) aponta que um dos pontos de remoção pelas microalgas é pela assimilação do N inorgânico, outra via de remoção é pela elevação do pH do meio, pela volatilização da amônia. Os valores de pH encontrados na Figura 3, não tiveram grandes mudanças significativas, o aumento do pH a partir do segundo dia pode indicar a assimilação no valor nutricional pelas microalgas. o que pode ser um indicativo, que a maior parte da remoção de nutrientes ocorreu pela assimilação da *Chlorella sp.* sem causar mudanças físico-químicas no N e P, ou seja, os nutrientes são assimilados sem haver precipitação ou volatilização.

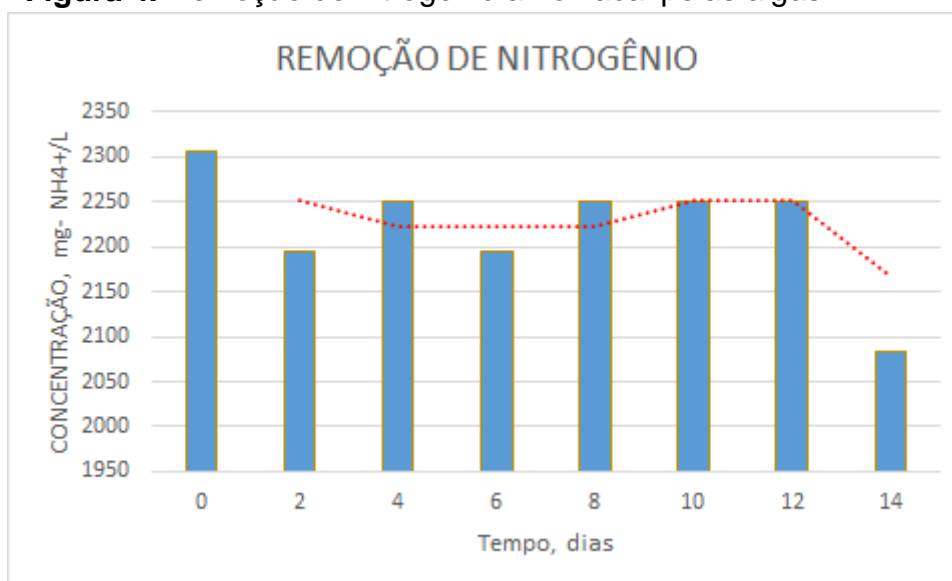
Figura 3. Variação do pH em relação aos dias de tratamento.



Fonte: autoral.

Pelos valores apresentados na Figura 4, fomenta a elucidação da possível remoção de N pelas microalgas, o parâmetro decrescente demonstra que em uma atmosfera rica em N-amoniaco, de alta toxicidade e alta carga orgânica, a *Chlorella sp.* consegue assimilar o nutriente de forma satisfatória, mesmo em uma percentagem baixa, alcançando percentual de remoção de 9,76%.

Figura 4. Remoção de nitrogênio amoniacal pelas algas.



Fonte: autoral.

O P de entrada do sistema foi de 18 mg/L, um elevado percentual, após o tratamento foi de 9,5 mg/L. Representando uma remoção de 47,22%, a

concentração final ainda está acima do estipulado por órgãos ambientais. Analisando o pH do sistema de tratamento observou que este não sofreu grande variação, indicando possivelmente que a única via de assimilação foi por via metabólica do microrganismo.

Segundo Silva *et al.* (2017), no estudo de remoção de compostos fosfatados de efluentes terciários por microalgas *Chlorella sp.* imobilizadas em alginato de cálcio a maior remoção do nutriente P ocorreu por precipitação química, em comparação com a via metabólica das microalgas. Causado pela interação dos íons cálcio presente.

Os resultados encontrados fomentam a utilização das microalgas para remoção nutricional do LB, destacando o tempo de adaptação ao meio inóspito. Houve possivelmente respiração célula da *Chlorella sp.* como também o sequestro dos nutrientes N e P, pela diversidade de características que o LB possui o sequestro mesmo em números rasos apresentam-se satisfatórios para o microrganismo.

O efluente após esta etapa de tratamento não se encontra em conformidade para lançamento no ambiente, pela alta carga residual nutricional, carregada ainda com elevado valor de turbidez, P e N.

6. CONCLUSÃO

Visando a remoção de nutrientes do LB o tratamento biológico a base de microalgas do tipo *Chlorella sp.* apresentou resultados abaixo do esperado de remoção de nutrientes, mas satisfatórios, atingindo percentual de 9,76% e 47,22% de N e P respectivamente, destacando que a utilização da *Chlorella sp.* é em suma relevante no tratamento do lixiviado. Reforçando as características de eutrofização, recalcitrância, matéria orgânica e alto poder contaminador do LB.

Pelos parâmetros analisados destacamos a turbidez, esta apresentou crescimento, podendo indicar a morte do microrganismo no meio. O OD apresentou decaimento e depois do oitavo dia um leve crescimento, indicando que possivelmente mesmo em atmosfera inóspita houve a respiração célula, por sua vez o crescimento do microrganismo.

Na análise de pH, mostrou um leve acréscimo, posterior decaimento e manteve-se constante nos pontos finais, sua média foi de 8,88. Podendo indicar que a maior parcela de remoção de N e P foi pela assimilação direta, sem sofrer precipitação ou volatilização. Os valores residentes ainda se mostraram elevados, destacando que o LB necessita de mais uma etapa de tratamento para regularizar os teores nutricionais.

REFERÊNCIAS

- “2130 TURBIDITY (2017)”, *Métodos Padrão para o Exame de Água e Águas Residuais*. DOI: 10.2105 / SMWW.2882.018 .Disponível em:<https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.018> Acesso em: 11 nov. 2019.
- “4500-H + pH VALUE (2017)”, *Métodos Padrão para o Exame de Água e Águas Residuais*. DOI: 10.2105 / SMWW.2882.082. Disponível em:<https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.082> ,Acesso em: 11 nov. 2019.
- “4500-NH3 NITROGEN (AMMONIA) (2017)”, *Métodos Padrão para o Exame de Água e Águas Residuais*. DOI: 10.2105 / SMWW.2882.087. Disponível em:<https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.087> ,Acesso em: 11 nov.
- “4500-O OXIGÊNIO (DISSOLVIDO) (2017)”, *Métodos Padrão para o Exame de Água e Águas Residuais*. DOI: 10.2105 / SMWW.2882.091. Disponível em:<https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.091> ,Acesso em: 11 nov. 2019.
- “4500-P PHOSPHORUS (2017)”, *métodos padrão para o exame de água e águas residuais*. Disponível em:<https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.093>; Acesso em: 11 nov.
- ARAÚJO, N. C.; SOUSA, J. T.; LEITE, V. D.; SILVA, M. C. C. P. POTENCIAL DE REMOÇÃO DE FÓSFORO EM BIORREATOR OPERADO COM CÉLULAS DE *Chlorella sp* IMOBILIZADAS EM MATRIZ DE ALGINATO DE CÁLCIO. **Science & Engineering Journal**, [s. l.], v. 26, ed. 2, p. 59-65, jul. – dez. 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/327487533>. Acesso em: 20 nov. 2019.
- AMENORFENYO, D. K.; HUANG, X.; ZHANG, Y.; ZENG, Q.; ZHANG, N.; REN, J.; HUANG, Q. Microalgae Brewery Wastewater Treatment: Potentials, Benefits and the Challenges. **Int J Environ Res Public Health**, [s. l.], v. 16, Maio 2019. DOI 10.3390/ijerph16111910. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6603649/>. Acesso em: 9 nov. 2019.
- AZEVEDO, P. B.; LEITE, J. C. A.; OLIVEIRA, W. S. N.; SILVA, F. M.; FERREIRA, P. M. L. **Diagnóstico da degradação ambiental na área do lixão de Pombal - PB. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [s. l.], v. 10, ed. 1, p. 20-34, jan-mar 2015.
- BETIO, M. M.; SANTOS, M. M. CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR LIXÕES DESATIVADOS: AVALIAÇÃO DA ANTIGA ÁREA DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE ROLÂNDIA – PR. **XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**, [s. l.], 2016.

BISCHOFF, H. W.; BOLD, H. C. **Physiologic studies. IV. Some algae from Enchanted Rock and related algae species.** University of Texas Publications, v. 6318, 1963. p.1- 5.

BRUCE, J. T.; UDAM, E.; OFITERU, I. D.; MOORE, A.; GRAHAM, D. W. A REVIEW OF PHOSPHORUS RENOVAL TECHNOLOGIS AND THEIR APPLICABILITY TO SMALL-SCALE DOMESTIC WASTEWATER TRECTMENT SYSTEMS. **Environ. Sci.**, [s. l.], 22 fev. 2018.

BUENO, R. F.; SILVA, A. F.. Remoção de nutrientes por meio de algas sob diferentes condições de iluminação. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.8, n.2, p.20-33, 2017. DOI: <http://doi.org/10.6008/SPC2179-6858.2017.002.0002>

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. (2011) Resolução n.430: Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 89 p

DANTAS, E. R. B. **TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO POR PROCESSO FENTON: IDENTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS, CARACTERIZAÇÃO DO LODO E ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS.** 2018. TESE (DOUTORADO) - UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA, [S. l.], 2018.

DIAS, G.; HIPÓLITO, M.; SANTOS, F.; LOUREGA, R.; MATTIA, J.; EICHLER, P.; ALVES, J. BIORREMEDIAÇÃO DE EFLUENTES POR MEIO DA APLICAÇÃO DE MICROALGAS – UMA REVISÃO. **Quim. Nova**, [s. l.], v. 42, ed. 8, p. 891-899, 2019.

DOMINGOS, D. C.; BOEIRA, S. L. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DOMICILIARES: ANÁLISE DO ATUAL CENÁRIO NO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade-GeAS**, [s. l.], v. 4, ed. 3, p. 14-30, setembro/dezembro 2015.

FARIAS, S. C. G. **ACÚMULO DE DEPOSIÇÃO DE LIXO EM AMBIENTES COSTEIROS: A PRAIA OCEÂNICA DE PIRATININGA – NITERÓI.** Geo UERJ., Rio de Janeiro, ano 2016, v. 2, ed. 25, p. 276-296, 2º semestre 2014. DOI <http://dx.doi.org/10.12957/geouerj.2014.9884>. Disponível em: <http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj>. Acesso em: 20 nov. 2019.

FONTOURA, J. T. Tese de doutorado. *In*: FONTOURA, J. T. **Crescimento de microalgas em efluente de curtume: remoção de nutrientes, viabilidade de produção de biodiesel e utilização da biomassa residual.** 2017. TESE (DOUTORADO) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, [S. l.], 2017.

KAWAHIGASHI, F.; MENDES, M. B.; JÚNIOR, V. G. A.; GOMES, V. H.; FERNANDES, F.; HIROOKA, E. Y.; KURODA, E. K. Pós-tratamento de lixiviado de aterro sanitário com carvão ativado. **Eng Sanit Ambient**, [s. l.], v. 19, ed. 3, p. 235-244, jul/set 2014.

KHANZADA, Z. T.; ÖVEZ, S. **MICROALGAE AS A SUSTAINABLE BIOLOGICAL SYSTEM FOR IMPROVING LEACHATE QUALITY. ENERGY**, [s. l.], 2017.

LOPES, A. P. C. Dissertação. *In*: LOPES, A. P. C. **ANÁLISE DA EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA DA CHLORELLA VULGARIS NUM NOVO FOTOBIOREATOR TUBULAR**. 2016. MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2016/2017 (MESTRADO) - FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO, [S. l.], 2017.

MAIA, I. S.; RESTREPO, J. J.B.; JUNIOR, A. B. C.; FRANCO, D. Avaliação do tratamento biológico de lixiviado de aterro sanitário em escala real na Região Sul do Brasil. **Eng Sanit Ambient**, [s. l.], v. 20, ed. 4, p. 665-675, out/dez 2015.

MORAVIA, W. G.; LANGE, L. C.; AMARAL, M. C. S. AVALIAÇÃO DE PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO PELO REAGENTE DE FENTON EM CONDIÇÕES OTIMIZADAS NO TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO COM ÊNFASE EM PARÂMETROS COLETIVOS E CARACTERIZAÇÃO DO LODO GERADO. **Quim. Nova**, [s. l.], v. 34, ed. 8, p. 1370-1377, 2011.

NASCIMENTO, V. F.; SOBRAL, A. C.; ANDRADE, P. R.; OMETTO, J. P. H. B. Evolução e desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, v. 10, ed. 4, Oct. / Dec 2015.

NARCIZO, R. B.; MARTINS, A. P.; CARDOSO, R.; TAMMELA, I.; MADEIRA, H. S. Prova de Conceito e Análise de Desempenho em Protótipo de Sistema para o Tratamento Natural de Efluentes Domésticos. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 14, n.3, p. 59 - 72, 2019. DOI: 10.15675/gepros.v14i3.2602

OLIVEIRA, B. O. S.; TUCCI, C. A. F.; JÚNIOR, A. F. N.; SANTOS, A. A. Avaliação dos solos e das águas nas áreas de influência de disposição de resíduos sólidos urbanos de Humaitá, Amazonas. **Eng Sanit Ambient**: v.21 n.3 | 2016, [s. l.], v. 21, ed. 3, p. 593-601, jul/set 2016.

OLIVEIRA, T. B.; JUNIOR, A. C. G. Planejamento municipal na gestão dos resíduos sólidos urbanos e na organização da coleta seletiva. **Eng Sanit Ambient**, [s. l.], v. 21, ed. 1, p. 55-64, jan/mar 2016.

RAMOS, P. V. T. A.; GUARIDO, C. E. M.; PIRES, G. D.; SILVEIRA, C. R. D. A. A gestão ambiental: melhoria do processo produtivo no tratamento de resíduos sólidos urbanos com recuperação energética. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 4, n. 5, ed. especial, p. 2081-2096, agosto 2018.

Renuka, N., Sood, A., Prasanna, R. et al. PHYCOREMEDIATION of wastewaters: a synergistic approach using microalgae for bioremediation and biomass generation *Int. J. Environ. Sci. Technol.* (2015) 12: 1443. <https://doi.org/10.1007/s13762-014-0700-2>, Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13762-014-0700-2#citeas>; Acesso em: 8 nov. 2019.

Resolução CONAMA Nº 430/2011 - "Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA." - Data da legislação: 13/05/2011 - Publicação DOU nº 92, de 16/05/2011, pág. 89

Processos:

- Origem: **02000.001876/2008-64** - PADRÕES DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES - Propostas complementares à Resolução 357, de 17 de março de 2005, e 397, de 03 de abril de 2008, sobre condições e padrões de lançamento de efluentes

Resolução CONAMA Nº 467/2015 - Dispõe sobre critérios para a autorização de uso de produtos ou de agentes de processos físicos, químicos ou biológicos para o controle de organismos ou contaminantes em corpos hídricos superficiais e dá outras providências. - Data da legislação: 16/07/2015 - Publicação DOU, de 17/07/2015, páginas 70 e 71

Status:

Processos:

- Origem: **02000.000110/2011-68** - PRODUTOS OU PROCESSOS PARA RECUPERAÇÃO DE AMBIENTES HÍDRICOS - Proposta de Resolução do Conama que dispõe sobre o controle da utilização de produtos ou processos para recuperação de ambientes hídricos e dá outras providências.

ROCHA, J. C. B.; BARBOSA, C. G.; QUINTAL, I. D. B.; CHUKEN, U. J. L. Biotratamiento de efluentes secundarios municipales utilizando microalgas: Efecto del pH, nutrientes (C, N y P) y enriquecimiento con CO₂. **Rev. biol. mar. oceanogr**, Valparaíso, ano 2017, v. 52, n. 3, Outubro 2017. DOI <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572017000300001>. Disponível em: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-19572017000300001&lng=en&nrm=iso&tlng=en. Acesso em: 9 nov. 2019.

SILVA, M. C. C. P.; SOUSA, J. T.; PEARSON, H. W.; LEITE, V. D. ESTABILIDADE DO ALGINATO DE CÁLCIO COMO MATRIZ IMOBILIZANTE DA *Chlorella* sp. NO TRATAMENTO DE EFLUENTE SECUNDÁRIO. **II CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO**, campina grande, ed. II, 2017.

SILVA, M. C. C. P.; CARTAXO, A. S. B.; PEARSON, H. W.; LEITE, V. D. **TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO APLICANDO MICROALGAS EM BIORREACTORES ALIMENTADOS EM BATELADA**. Congresso nacional de pesquisa e ensino em ciências, [s. l.], v. 1, ed. 4, 2019. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/revistas/conapesc/resumo.php?idtrabalho=1008>. Acesso em: 4 nov. 2019.

SOARES, F. R.; MIYAMARU, E. S.; MARTINS, G. Desempenho ambiental da destinação e do tratamento de resíduos sólidos urbanos com reaproveitamento energético por meio da avaliação do ciclo de vida na Central de Tratamento de Resíduos – Caieiras. **Eng Sanit Ambient**, [s. l.], v. 22, ed. 5, p. 993-1003, set/out 2017.

VASCONCELOS, D. V.; SILVA, L. L. S.; GUERRA, I. L.; CAMPOS, J. C. Estudo da tratabilidade de lixiviado gerado em um aterro controlado. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, v. 12, ed. 3, May / Jun 2017.

WEBLER, A. D.; MAHLER, C. F.; DEZOTTI, M. Tratamento de lixiviado por processos combinados: coagulação/floculação, air stripping, ozonização e lodo ativado. **Eng Sanit Ambient** , [s. l.], v. 23, ed. 5, p. 901-911, set/out 2018.