

Tratamento de lixiviado de aterro sanitário aplicando microalgas em biorreatores alimentados em batelada**Treatment of landfilled from landfill applying microalgas in biorreactors feeded in batch**

DOI:10.34117/bjdv6n8-554

Recebimento dos originais:08/07/2020

Aceitação para publicação:25/08/2020

Maria Célia Cavalcante de Paula e Silva

Doutoranda em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB
E-mail: celia_romulo@hotmail.com

Maria Virgínia da Conceição Albuquerque

Doutoranda em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB
E-mail: virginia.albuquerque@yahoo.com.br

Roberta Milena Moura Rodrigues

Doutoranda em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB
E-mail: robertamilena_rm@hotmail.com

Amanda da Silva Barbosa Cartaxo

Doutoranda em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB
E-mail: amandauepbio@gmail.com

Wilton Silva Lopes

Doutor em Química pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Professor Associado B do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB
E-mail: wiltonuepb@gmail.com

Howard William Pearson

Doutor em Microbiologia do Meio Ambiente pela Universidade de Londres, Professor do PPGEQ da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG
E-mail: howard_william@uol.com.br

Magnólia de Araújo Campos

Doutora em Ciências Biológicas/Biologia Molecular pela Universidade de Brasília. Professora do PPGCNBiotec/ CES/Universidade Federal de Campina Grande – UFCG
E-mail: profamagnoliaufcg@gmail.com

Valderi Duarte Leite

Doutor em Hidráulica e saneamento pela USP, Professor Associado C do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB

E-mail: mangabeiraleite@gmail.com

RESUMO

O lixiviado de aterro sanitário é uma água residuária de difícil tratamento pois apresenta elevada carga de poluentes, dentre estes, matéria orgânica e inorgânica recalcitrantes, metais pesados e altos níveis de nitrogênio amoniacal. O estudo do tratamento de lixiviado de aterro sanitário através da aplicação de microalgas é uma biotecnologia recente e promissora visando a recuperação de recursos. Neste trabalho, investigou-se a capacidade de remoção de nitrogênio amoniacal de lixiviado in natura por microalgas isoladas do sistema de lagoas de tratamento de lixiviado do aterro sanitário de João Pessoa-PB. O sistema de tratamento foi constituído por 5 biorreatores com capacidade de 1L cada, alimentados por 750 mL de lixiviado com concentração média de 1842 mg. L⁻¹ de N-amoniacal e 100 mL de cultivo com microalgas específicas de cada lagoa de tratamento, em temperatura de 27° C e com luminosidade de 85 µE. s⁻¹.m⁻². O regime de alimentação adotado foi em batelada com TDH de 120 horas, com amostragens em 72 e 120 horas. Foram identificados 16 táxons, dos quais, 62,5% representaram a classe Cyanophyceae, dentre os quais, a clorofíceae, *Chlorella* sp. foi dominante em todo o sistema de tratamento. Foram registrados incrementos de oxigênio dissolvido em torno de 2,6 mg. L⁻¹ e pH entre 0,6 e 0,7. Em todos os biorreatores foi registrada eficiência superior a 50%. A maior remoção foi em torno de 86%, obtida com as microalgas isoladas da lagoa de decantação. Os resultados são indicativos de que as microalgas através de seu metabolismo, podem incorporar poluentes à biomassa.

Palavras-Chave: Lixiviado de aterro sanitário, microalgas, nitrogênio amoniacal, fitorremediação.

ABSTRACT

Landfill leachate is difficult to treat wastewater because it has a high load of pollutants, including recalcitrant organic and inorganic matter, heavy metals and high levels of ammoniacal nitrogen. The study of landfill leachate treatment through the application of microalgae is a recent and promising biotechnology aimed at resource recovery. In this work, we investigated the ability to remove ammoniacal nitrogen from leachate in natura by microalgae isolated from the leachate treatment pond system at the João Pessoa-PB landfill. The treatment system consisted of 5 bioreactors with a capacity of 1L each, fed by 750 mL of leachate with an average concentration of 1842 mg. L⁻¹ of N-ammonia and 100 mL of culture with specific microalgae from each treatment pond, at a temperature of 27° C and with a brightness of 85 µE. s⁻¹.m⁻². The adopted feeding regime was in batch with 120 hour HRT, with samples in 72 and 120 hours. Sixteen taxa were identified, of which 62.5% represented the Cyanophyceae class, among which, the chlorophyll, *Chlorella* sp. it was dominant throughout the treatment system. Increments of dissolved oxygen around 2.6 mg were recorded. L⁻¹ and pH between 0.6 and 0.7. In all the bioreactors, efficiency greater than 50% was recorded. The largest removal was around 86%, obtained with microalgae isolated from the decantation pond. The results are indicative that microalgae, through their metabolism, can incorporate pollutants into biomass.

Keywords: Landfill leachate, microalgae, ammoniacal nitrogen, phytoremediation.

1 INTRODUÇÃO

Lixiviado de aterro sanitário é um resíduo líquido gerado através do processo de biodegradação da matéria orgânica presente nos resíduos sólidos e a infiltração de água de chuva na massa dos resíduos (PERTILE, 2013; HETKA, 2016), que se caracteriza por um complexo de contaminantes orgânicos e inorgânicos recalcitrantes, tais como ácidos húmicos e fúlvicos (FAN et al., 2006), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (MARTTINEN et al., 2003), pesticidas (O'MAN e JUNESTEDT, 2008), altos níveis de nitrogênio amoniacal (AZIZ et al., 2010), além de metais pesados e elevada concentração de fósforo total.

Nos aterros sanitários em operação no Brasil, são projetados sistemas de lagoas visando o tratamento do lixiviado, contudo, considerando esta complexa matriz físico-química, não se tem atingido as metas propostas em plenitude.

Diante do exposto e considerando os impactos ambientais negativos do lixiviado de aterro nos ecossistemas, este estudo se propôs a investigar a capacidade fitorremediativa de algumas espécies de microalgas isoladas do lixiviado de aterro sanitário em biorreatores alimentados em regime de batelada.

2 METODOLOGIA

2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Este trabalho foi realizado nas dependências físicas da Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários (EXTRABES), pertencente à Universidade Estadual da Paraíba, situada no bairro do Tambor, na cidade de Campina Grande – PB, Região Nordeste do Brasil (7°13'11''Sul, 35°52'31'' Oeste).

O lixiviado estudado foi coletado na entrada da lagoa de decantação do sistema de lagoas de tratamento de lixiviado do aterro sanitário da região metropolitana da cidade de João Pessoa – PB, transportado em reservatórios de polietileno de 250L até as dependências da EXTRABES, e caracterizado física e quimicamente.

2.2 ETAPAS DO TRABALHO

I- Coleta do lixiviado, identificação e cultivo das microalgas

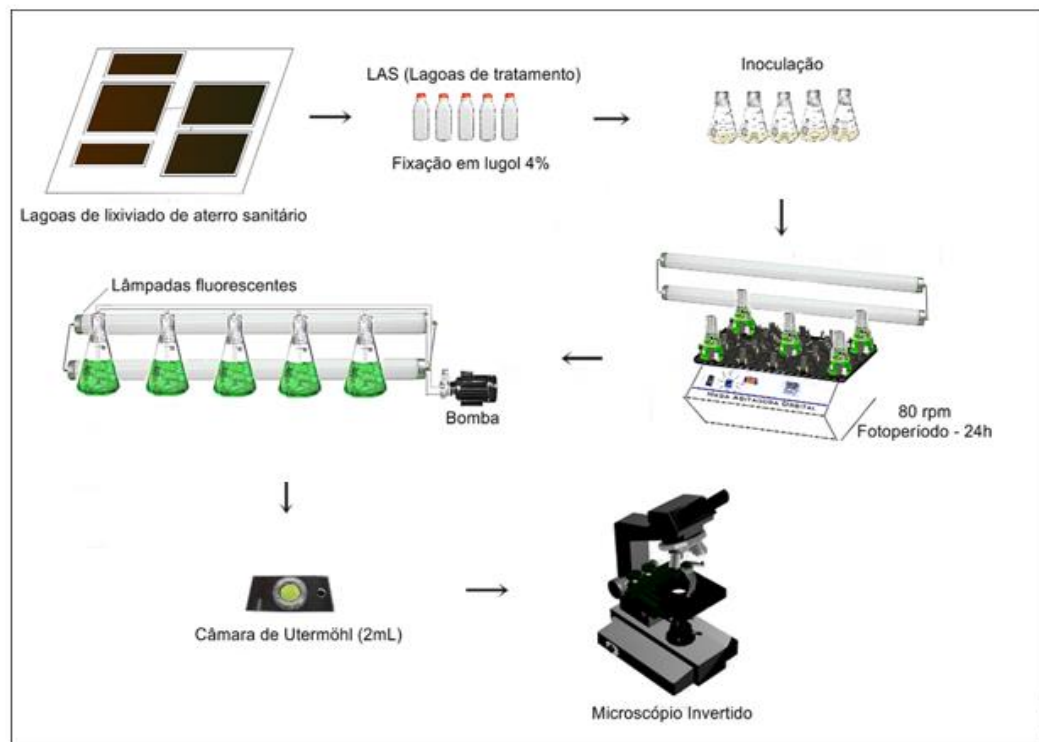
As amostras de lixiviado para estudo do fitoplâncton, foram coletadas na entrada e saída de cada lagoa de tratamento de lixiviado do aterro sanitário da cidade de João Pessoa (L₁= decantação, L₂= anaeróbia I, L₃= anaeróbia II, L₄= facultativa e L₅= recirculação), acondicionadas em frascos de polietileno de 500mL pré-lavados com cinco porções da própria amostra e fixada imediatamente

em lugol acético na concentração final de 4%, envolvidas em papel alumínio, conduzidas ao laboratório e mantidas a 4^oC.

Para proceder a identificação do fitoplâncton, 50 mL de lixiviado de cada lagoa (25 ml entrada+25 ml saída) foram centrifugados a 3000 rpm por 15 minutos, sendo o sedimento de 5 mL inoculados em frasco erlenmeyer de 250 mL, contendo 100 mL de meio ASM-1 estéril, modificado de (GORHAM et al. 1964; ZAGATTO e ARAGÃO, 1992). As amostras foram colocadas em mesa rotatória com 80 rpm, temperatura de 27^o C sob fotoperíodo de 24 horas. Passados 7 dias, 20 mL de meio de cultivo foram ressuspensos em frascos erlenmeyers de 1L contendo 1000mL de meio ASM-1 estéril, iluminados por lâmpadas fluorescentes com intensidade de fótons de aproximadamente 85 $\mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ e aeração por bomba Boyuc na vazão de Vazão de ar por biorreator: 0,16 L.min⁻¹. Transcorrido o período de 21 dias, procedeu-se a identificação, utilizando microscópio binocular Olympus CBA, em até 400x de aumento.

O sistema de classificação para classes e gêneros seguiu recomendações de Bicudo e Menezes (2006), e, para as espécies foram utilizadas chaves de identificação específicas de cada grupo. A contagem do fitoplâncton foi realizada por câmara de Utermöhl capacidade de 2 ml da marca CIENLAB, pelo método da sedimentação de Utermöhl (1958). Na Figura 1 está apresentada a coleta de lixiviado, inoculação e identificação das espécies integrantes do fitoplâncton.

Figura 1. Coleta de lixiviado, inoculação e identificação das espécies integrantes do fitoplâncton.



Fonte: dados da pesquisa

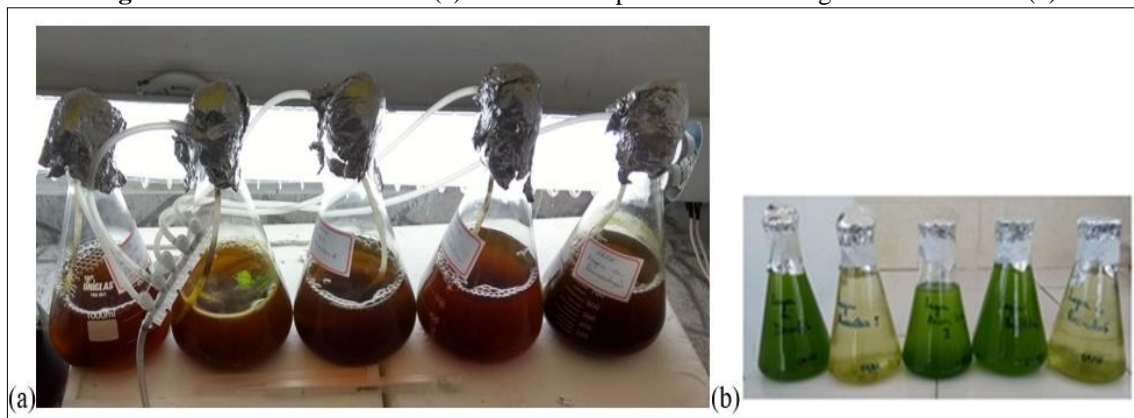
Os parâmetros de caracterização do lixiviado e seus respectivos métodos analíticos seguiram o que está preconizado em APHA (2012) e cromatógrafo iônico Dionex ICS-1100 da Thermo Scientific.

II- Monitoração do Sistema

Foi projetado um sistema constituído por 5 biorreatores, cada um com capacidade de 1L, contendo volume útil de 750 mL de lixiviado de aterro sanitário, com concentração média afluyente de nitrogênio amoniacal de aproximadamente 2456 mg. L^{-1} , nos quais foi realizada sementeira com 100 mL de meio com microalgas com 21 dias de cultivo, isoladas de cada lagoa de tratamento, até volume final de 850 mL, no qual, após a inserção do fitoplâncton, foi homogeneizado e coletada a amostragem de entrada no volume de 100 mL. O sistema foi conectado a uma bomba Boyuc, com vazão de O_2 por biorreator de $0,0336 \text{ L.min}^{-1}$, temperatura de 27°C , fotoperíodo de 12 horas, sob lâmpadas fluorescentes com luminosidade de $85 \mu\text{E. s}^{-1}.\text{m}^{-2}$.

O tempo de detenção hidráulica foi de 120 horas. A cada 24 horas, foi realizada a leitura de oxigênio dissolvido com medidor de oxigênio dissolvido modelo DO-5519, em seguida, coletada uma amostra de 100 mL para análise em triplicata do pH e nitrogênio amoniacal. Uma fração da amostra coletada foi transportada através de filtro $0,45 \mu\text{m}$ para subsequente leitura em cromatógrafo iônico Dionex ICS-1100. Na Figura 2 está apresentado o sistema monitorado e os cultivos fitoplanctônicos de cada lagoa de tratamento de lixiviado do aterro sanitário de João Pessoa.

Figura 2. Sistema monitorado (a) e cultivos fitoplanctônicos das lagoas de tratamento (b)



Fonte: Dados da pesquisa

3 DESENVOLVIMENTO

O lixiviado de aterro sanitário, quando descartado em corpo aquático, devido suas expressivas concentrações de nitrogênio amoniacal e Ortofosfato, promovem o enriquecimento por nutrientes, ocorrendo o *bloom* de microalgas e, portanto, a eutrofização do ecossistema.

O tratamento biológico deste resíduo é desafiador, por sua complexa e variada composição química, em decorrência de alguns fatores intervenientes a exemplo da natureza do resíduo, da percolação da água de chuva no local de aterramento, das características do solo e das condições operacionais do aterro sanitário.

As microalgas têm sido exploradas visando o tratamento de águas residuárias durante mais de duas décadas e, são ativamente consideradas para a produção de biocombustíveis. As espécies mais bem-sucedidas geralmente vêm do grupo das clorofíceas, incluindo *Scenedesmus* sp., *Chlorella* sp. ou *Chlamydomonas* sp., mas, cianobactérias ou outros grupos filogenéticos aparecem ocasionalmente na literatura (CHOUDHARY et al., 2016).

Alguns estudos relataram que certas espécies de microalgas são capazes de remover ou biodegradar compostos orgânicos (Li et al., 2009; Yan e Pan, 2004) e também extrair metais de soluções (Li et al., 2015). No entanto, pesquisas sobre a utilização de microalgas em biorremediação de lixiviado de aterro sanitário são muito recentes (Zhao et al., 2014) e pouco exploradas.

Reis et al. (2016) investigaram o crescimento de *Chlorella* sp. em meio de lixiviado de aterro sanitário diluído, monitorando um fotobiorreator com planta biocoil, com temperaturas entre 20° C e 30° C e fotoperíodo de 12 horas. O estudo apresentou crescimento celular com redução significativa da carga orgânica, turbidez e nos metais pesados presentes no efluente.

Em estudo de Paskualiakova et al. (2016), 34 cepas de microalgas foram isoladas de diferentes amostras de lixiviado de aterro sanitário e cultivadas em meio F₂, destas, 16 estirpes, mostraram-se capazes de crescer em amostras de lixiviados em concentrações variadas de seus componentes inorgânicos e orgânicos.

Os estudos sobre o potencial de fitorremediação das águas residuárias a exemplo do lixiviado de aterro sanitário.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO LIXIVIADO “IN NATURA” PROVENIENTE DO ATERRO SANITÁRIO DE JOÃO PESSOA-PB.

O lixiviado apresentou concentração média de Nitrogênio amoniacal (2394 mg. L⁻¹), fornecendo bom aporte de N-NH⁴⁺ para o crescimento das microalgas. Com o pH, apresentado, aproximadamente 90% do N- amoniacal encontra-se ionizado e 10% na forma livre (NH₃), o que pode favorecer o crescimento microalgáceo. Segundo Collos et al. (2014), a amônia ionizada parece ser a fonte ideal de N para as algas, uma vez que, seu estado de oxidação elimina a necessidade de sua redução, e portanto, pode ser utilizado imediatamente para a síntese de aminoácidos. Na Tabela 1 está apresentada a caracterização físico-química do lixiviado aplicado na pesquisa.

Tabela 1. Características físico-químicas do lixiviado do aterro sanitário de João Pessoa-PB

Parâmetros	Magnitude
1- pH	8,16
2- fósforo total (mg.L ⁻¹)	21,0± 2,97
3- DQO total (mg O ₂ .L ⁻¹)	3912± 505,0
4- DQO filtrada (mg O ₂ .L ⁻¹)	3279± 515,9
5- nitrato (mg N-NO ₃ ⁻ .L ⁻¹)	5,2± 0,74
6- nitrito (mg N-NO ₂ ⁻ .L ⁻¹)	1,6± 0,03
7- amônia (mg N-NH ₄ ⁺ .L ⁻¹)	2456±244,0
8 - ST (mg.L ⁻¹)	11855± 663,0
9- Alcalinidade (mg CaCO ₃ .L ⁻¹)	8991 ± 740,0
10 - ácidos graxos voláteis (H _{AC} /L)	818± 305,5

Fonte: dados da pesquisa

Com relação ao P-total, o lixiviado possui fração de aproximadamente 20 mg. L⁻¹. Segundo Ehrig (1983), o fósforo é um elemento fundamental aos processos energéticos dos seres vivos, sendo o nutriente limitante no caso de tratamento de lixiviados devido a suas concentrações máximas não serem superiores a poucas dezenas de miligramas por litro. Praticamente todo o fósforo encontrado em lixiviados está na forma de Ortofosfato, e estes, provém principalmente da matéria orgânica (SOUTO, 2009).

A caracterização da composição florística da comunidade fitoplanctônica do lixiviado de aterro sanitário, levou a identificação de 16 táxons genéricos incluídos em 4 classes taxonômicas da seguinte forma: Chlorophyceae (12,5%), Euglenophyceae (6,25%), Cyanophyceae (62,5%) e Bacillariophyceae (18,75%). No Quadro 1 está apresentada a distribuição dos táxons no sistema de lagoas de tratamento de lixiviado do aterro sanitário de João Pessoa- PB.

Quadro 1. Distribuição dos táxons constituintes do lixiviado do aterro sanitário de João Pessoa-PB.

LAGOAS DE TRATAMENTO	TÁXONS IDENTIFICADOS
LAGOA DE DECANTAÇÃO	<i>Chlorella</i> sp., <i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Pseudoanabaena</i> sp., <i>Kamptomena animale</i> , <i>Geitlerinema amphibium</i> , <i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>Navicula</i> sp., <i>Merismopedia</i> sp., <i>Nitzschia</i> sp.
LAGOA ANAERÓBIA I	<i>Chlorella</i> sp., <i>Lyngbyia</i> sp., <i>Oscillatoria</i> sp., <i>Dolichospermus nygaardii</i> , <i>Phormidium</i> , sp., <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i> .
LAGOA ANAERÓBIA II	<i>Chlorella</i> sp., <i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Pseudoanabaena</i> sp., <i>Trachelomonas volvocinopsis</i> , <i>Phacus</i> sp., <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> .
LAGOA FACULTATIVA AERADA	<i>Chlorella</i> sp., <i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Phacus</i> sp., <i>Cyclotella meneghiniana</i> .
LAGOA DE RECIRCULAÇÃO	<i>Chlorella</i> sp., <i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Monoraphidium</i> sp., <i>Phacus</i> sp., <i>Cyclotella meneghiniana</i> .

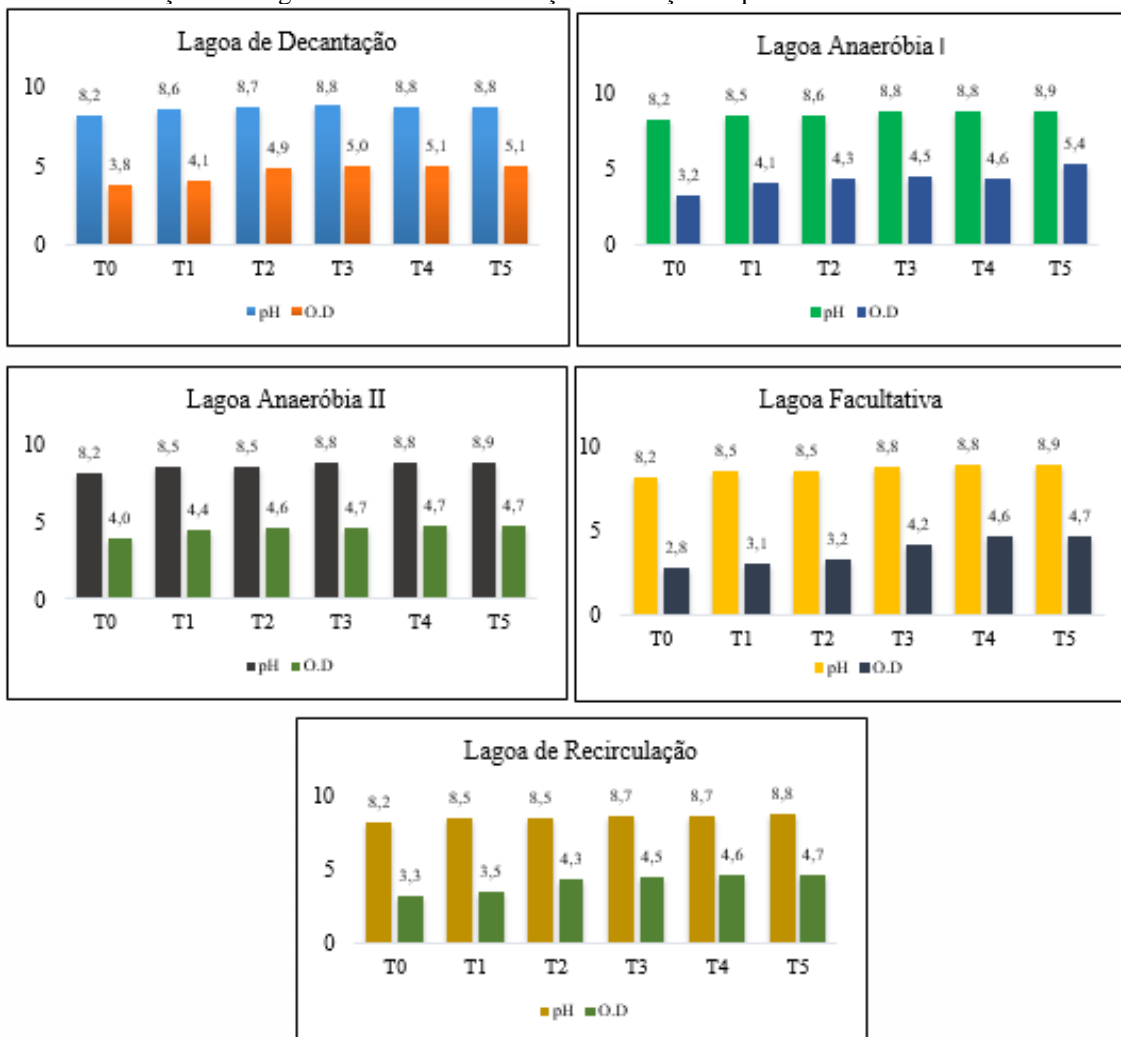
Fonte: dados da pesquisa

A Classe Cyanophyceae (62,5%) foi a mais representativa no lixiviado em estudo em termos de riqueza, apresentando 10 gêneros e/ou espécies. Contudo, a Chlorophyceae, *Chlorella sp.* foi o gênero dominante na entrada e saída de cada lagoa do sistema de tratamento. Segundo Cheng e Tian (2013), as clorófitas de água doce, especificamente *Scenedesmus spp.*, *Chlorella spp.* e *Chlamydomonas spp.*, são as mais aplicadas em fitorremediação.

4.2 ESTUDO DO PH E O OXIGÊNIO DISSOLVIDO

Os valores de pH foram sempre crescentes em todos os biorreatores com incrementos entre 0,6 e 0,7. A concentração de oxigênio dissolvido variou entre 2,8 e 5,4 mg. L⁻¹, o que nos permite inferir que ocorreu o processo fotossintético com liberação de oxigênio para o meio pelas microalgas. Na Figura 3 estão apresentados os valores da concentração de oxigênio dissolvido e incrementos de pH durante as 120 horas de monitoração.

Figura 3. Concentração de Oxigênio Dissolvido em relação à elevação do pH no sistema de tratamento de Lixiviado.



Fonte: dados da pesquisa

4.3 REMOÇÃO DE NITROGÊNIO AMONIAICAL

O experimento de depleção de nitrogênio amoniacoal indicou que a redução de poluentes é possível. Foram percebidas remoções de nitrogênio amoniacoal entre 62 e 86%. O resultado mais eficiente em 72 horas de monitoração foi no biorreator com microalgas isoladas da lagoa de recirculação, em torno de aproximadamente, 59%, comparado à menor remoção que foi 25% para a lagoa de decantação. Em 120 horas de monitoração, o resultado mais expressivo de remoção registrada foi na lagoas de decantação. Na Tabela 2 estão apresentados os valores de remoção de nitrogênio amoniacoal.

Tabela 2. Remoção de nitrogênio amoniacoal nos biorreatores inoculados com as microalgas de cada lagoa de tratamento de lixiviado

LAGOA	Entrada-N-Amoniacoal (mg.L ⁻¹)	N- Amoniacoal (mg.L ⁻¹) - 72Hs	N- Amoniacoal (mg.L ⁻¹) - 120Hs	% Eficiência
Decantação	1856	1383	254	86%
Anaeróbia I	1820	1274	437	76%
Anaeróbia II	1820	1238	692	62%
Facultativa	1856	1201	619	67%
Recirculação	1856	764	665	64%

Fonte: autoria própria

Em estudo de Paskualiakova et al. (2016), 34 cepas de microalgas foram isoladas de diferentes amostras de lixiviado de aterro sanitário e cultivadas em meio F2, destas, 16 estirpes, mostraram-se capazes de crescer em amostras de lixiviados em concentrações variadas de seus componentes inorgânicos e orgânicos. A clorofícea, *Clamydomonas* sp., em meio suplementado com fósforo, promoveu redução de amônia de 93% e 54% para nitrato do lixiviado.

Torobi et al. (2015) isolaram culturas de algas de lixiviado de aterro sanitário na Indonésia e monitoraram um biorreator fotocatalítico em regime contínuo, com TDH de 24 horas, durante 7(sete) dias, com amostragens diárias. Os resultados obtidos indicaram remoções superiores a 90% para matéria orgânica expressa em DQO e amônia do lixiviado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos no estudo, pode-se concluir que:

- Apesar das elevadas concentrações afluentes de nitrogênio amoniacal, as microalgas apresentaram eficiência de remoção nitrogênio, promovendo a elevação do pH do meio através de seu metabolismo;
- As cianobactérias representarem maior riqueza em espécies no sistema de tratamento de lixiviado, contudo, a clorofíceia, *Chlorella* sp. foi dominante em densidade celular em todas as lagoas de estudo na pesquisa;
- As microalgas podem ser aplicadas com eficiência na recuperação de recursos do lixiviado de aterro sanitário, todavia, estudos para de balanço de massa e crescimento da biomassa se fazem necessários.

REFERÊNCIAS

APHA, A. W. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22th ed. Washington, D.C. American Public Health Association. American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 2012.

AZIZ, S.Q.; AZIZ, H.A.; YUSOFF, M.S.; BASHIR, M.J.K. Leachate characterization in semi-aerobic and anaerobic sanitary landfills: a comparative study. **Journal of Environmental Management**.91.26082614. 2010.

BICUDO, C.E.M.; MENEZES, M. Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil: Chave para identificação e descrições. **Rima**. 508p. 2006.

COLLOS, Y; HARRISON, P.J. Acclimation and Toxicity of high ammonium concentrations to unicellular algae. **Elsevier. Marine Pollution Bulletin**. 8-23. 2014.

CHOUDHARY, P., PRAJAPATI, S.K., MALIK, A. Screening native microalgal consortia for biomass production and nutrient removal from rural wastewaters for bioenergy applications. **Ecology Eng.** 91, 221–230.2016.

CLESCERI, S.L., GREENBERG, A.E., EATON, A.D. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA). 21 ed. **Washington: American Public Health Association**, 1193p. 2012.

CHENG, H.-X., TIAN, G.-M., Preliminary Evaluation of a Newly Isolated Microalga *Scenedesmus* sp. CHX1 for Treating Landfill Leachate. Third Int. Conf. Intell. Syst. **Applied Engineering Development**., p. 1057–1060, 2013.

EHRIG, H. J. Quality and quantity of sanitary landfill leachate. **Waste Management & Research**, vol.1, p.53 – 68. 1983.

FAN, H.J.; SHU, H.Y.; YANG, H.S.; CHEN, W.C. Characteristics of landfill leachates in central Taiwan. **Science of the Total Environment**, v. 361, n. 1-3, p. 25-37. 2006.

GORHAM, P.R.; MCLACHLAN, J.; HAMMER, U.T.; KIM, W.K. Isolation and culture of toxic strains of *Anabaena floaquae* (lyng) de Breb. Verh. Int. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**., 15:796-804, 1964.

HETKA, C. C. I.; SOUZA, B. J.; VIDAL, M. C.; SOUSA, V. K. *Tratamento de lixiviado de aterro sanitário por coagulação, ultrafiltração e processo oxidativo avançado. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales*, v, 9, n° 2, p. 240 – 255. México, 2016.

LI, R., CHEN, G., FUNG, N., TAM, Y., LUAN, T., SHIN, P.K.S., CHEUNG, S.G., LIU, Y. Toxicity of bisphenol A and its bioaccumulation and removal by a marine microalga *Stephanodiscus hantzschii*. *Ecotoxicology Environment Safety* 72, 321–328. 2009.

LI, T., LIN, G., PODOLA, B., MELKONIAN, M. Continuous removal of zinc from wastewater and mine dump leachate by a microalgal biofilm PSBR. *Journal Hazardous Materials*. 297, 112–118. 2015.

MARTTINEN, S.K.; KETTUNEN, R.H.; RINTALA, J.A. Occurrence and removal of organic pollutants in sewages and landfill leachates. *Science of the Total Environment*, v. 301, n. 1-3, p. 1-12. 2003.

O'MAN, C.B. & JUNESTEDT, C. Chemical characterization of landfill leachates and 400 parameters and compounds. *Wastewater Management*, v. 28, n. 10, p. 1876-1891. 2008.

PASKUALIAKOVA. A, TONRY.S, TOUZET.N, Microalgae isolation and selection for the treatment of landfill leachate. *WIT Transactions on Ecology on the Environment*, v. 209, p. 65-78.2016.

PERTILE, C. Avaliação de Processos de Separação por Membranas como Alternativas no Tratamento de Lixiviado de Aterro Sanitário. Porto Alegre, RS: UFRS, 127 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química), **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre. 2013.

REIS, C.E.R; LOURES, C.C.A; CASTRO, H.F; DA RÓS, P.C.M; SANTOS, J.C; FILHO, H.J.I; SILVA, M.B. Microalgae Assisted Bioremediation of Landfill Leachate Using a Biocoil Reactor: Evaluation of Operational Conditions Using Taguchi Experimental Design. *British Journal of Environment & Climate Change* 6(4): 299-308, 2016.

SOUTO, B. A. G. Lixiviados de Aterros Sanitários Brasileiros – Estudo de Remoção do Nitrogênio Amoniacal por Processo de Arraste com Ar (“stripping”). Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento. **Universidade de São Paulo, São Carlos**. 371 p. 2009.

TOROBI, P. M, MANUPUTTY, C. N, MANGIBULUBE, J. C. Removal of Ammonium (NH₄) and Organic Matter (COD) In Landfill Leachate Under Anaerobic and Aerobic Algae Culture In Continuous Systems. *Global Advanced Research Journal of Microbiology* . Vol. 4(4) p. 054-059, 2015.

UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommung der quantitativen phytoplankton methodik. *Mitteilungen Internationale Vereinigung fur Theoretische und Angewandte Limnologie* 9: 1-38. 1958.

YAN, H., PAN, G. Increase in biodegradation of dimethyl phthalate by *Closterium lunula* using inorganic carbon. *Chemosphere* 55, 1281–1285. 2004.

ZAGATTO, P.A. & ARAGÃO, M.A. Implantação de métodos para avaliação de algas tóxicas. São Paulo. **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). Relatório Técnico.** 23p. 1992.

ZHAO, X., ZHOU, Y., HUANG, S., QIU, D., SCHIDEMAN, L., CHAI, X., ZHAO, Y. Characterization of microalgae-bacteria consortium cultured in landfill leachate for carbon fixation and lipid production. **Bioresource Technology.** v. 156, p.322–328. 2014.