

ADAPTAÇÃO DE BIOMASSA AERÓBIA À LIXIVIADO COMO MÉDIO USANDO ETANOL COMO SUBSTRATO EM UM REATOR DE MISTURA COMPLETA

Mario Jose Lucero Culi¹ (lucero culi@gmail.com), Ronan Cleber Contrera¹
(ronancontrera@gmail.com)

1 UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

RESUMO

O aterro sanitário é uma forma de disposição adequada que minimiza os impactos ambientais, mas não oferece uma solução definitiva a essa problemática. Principalmente devido que a zona do aterro fica impossibilitada de usar para outro fim, e ainda agrega o problema do tratamento do lixiviado que possui características variáveis e complexas. O tratamento de lixiviado pode ser realizado de diversas formas, tanto físico-químicos ou biológicos, entre os quais destaca o tratamento aeróbio com biomassa suspensa. Ele é realizado misturando o lixiviado com esgoto em diversas proporções devido ao alto grau de toxicidade do lixiviado para os microrganismos. Adaptar os microrganismos ao lixiviado permitiria obter melhores eficiências de tratamento de lixiviado como é o caso de lodos ativados. A seguinte pesquisa versa sobre a avaliação da adaptação dos microrganismos aeróbio ao lixiviado como meio líquido em um reator de mistura completa. A metodologia baseou-se em 6 etapas com diversos graus de diluição (10, 20, 40, 60, 80 e 100%) com 6 dias de duração para cada etapa. Os resultados obtidos demonstram que nos testes finais a remoção de DQO no reator foi de 45% e o porcentagem de crescimento de microrganismos foi 3370 mg.L⁻¹, no início de 40%, chegando a 7,220 mg.L⁻¹ no teste 3. O lixiviado não foi totalmente tóxico para os microrganismos dado que eles cresceram e ainda mais digerem a matéria orgânica, essa biomassa pode ser utilizada como inóculo em um reator de lodos ativados para tratar lixiviado com esgoto com uma relação maior.

Palavras-chave: Biomassa aeróbia; Digestão aeróbia; Lixiviado.

ADAPTATION OF AEROBIC BIOMASS TO LEACHED AS A MEDIUM USING ETHANOL LIKE SUBSTRATE IN A STIRRED TANK REACTOR

ABSTRACT

Landfill is a form of adequate disposal that minimizes environmental impacts, but does not offer a definitive solution to this problem. Mainly because the landfill zone is unable to be used for any other purpose, it also adds to the problem of leachate treatment that has variable and complex characteristics. The treatment of leachate can be do it in multiple ways, like physical-chemical and biological; among which the aerobic treatment with suspended biomass stands out. It is performed by mixing the leachate with sewage in various proportions due to the high degree of toxicity of the leachate to the microorganisms. Adapting the microorganisms to the leachate would allow better leachate treatment efficiencies such as activated sludge. The following research deals with the evaluation of the adaptation of the aerobic microorganisms to the leachate as liquid medium in a complete mixing reactor. The methodology was based on 6 steps with various degrees of dilution (10, 20, 40, 60, 80 and 100%) with 6 days duration for each step. The results show that in the final tests the COD removal in the reactor was 45% and the percentage of growth of microorganisms was 3370 mg.L⁻¹, at the beginning of 40%, reaching 7,220 mg.L⁻¹ at test 3. The leachate was not totally toxic to the microorganisms as they grew and even more digest the organic matter, this biomass can

be used as an inoculum in an activated sludge reactor to treat leachate with sewage with a higher relation

Keywords: Aerobic biomass; aerobic digestion; leached.

1. INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos representan uno de los principales problemas de saneamiento ambiental en el mundo debido a su mala gestión. Por lo que existen grandes extensiones de tierra contaminadas con residuos dispuestos inadecuadamente causando un daño ambiental gravísimo. De acuerdo a datos colectados por ABRELPE, Brasil genero 218,874 t.d⁻¹ de residuos en 2015 (ABRELPE, 2016), de lo cual solo fueron colectados 198,750 1 de residuos en 2015 (ABRELPE, 2016); lo que corresponde al 90,8% de residuos colectados. Los residuos no colectados son arrojados en ríos, terrenos baldíos, sistemas de drenaje urbano, entre otros.

La forma de disposición final de residuos en el año 2015 de acuerdo a ABRELPE se realizó de la siguiente forma: Relleno sanitario 58.7%, Relleno sanitario controlado 24.1% y Botadero a cielo abierto 17.2% (ABRELPE, 2016). Existen tecnologías de tratamiento que permiten reducir la cantidad de residuos destinados a rellenos, entre las cuales destacan: incineración, compostaje, digestión anaerobia; las cuales permiten obtener un beneficio energético o un producto final que puede ser usado en la agricultura. Los datos de ABRELPE demuestran que en hasta el año 2015 los esfuerzos de tratar los residuos son mínimos; las pocas iniciativas existentes no llegan a influir en las estadísticas de tratamiento o destinación final.

La gestión integral de residuos sólidos permite gerenciar de mejor forma el tratamiento y disposición final de los residuos, propiciando el aprovechamiento energético contenido en los mismos. La Política Nacional de Residuos Sólidos de Brasil, Ley No. 10,305 de agosto de 2010 y regida en el Decreto No. 7,404 de diciembre de 2010, establece que la jerarquía de gestión debe ser la siguiente: No generación, reducción, reutilización, reciclaje, tratamiento y disposición final. Si esa jerarquía se aplicase a los residuos sólidos la cantidad a disponer en aterros sanitarios sería considerablemente menor. Esta técnica es la más utilizada debido a que es la más económica y adecuada (CONTRERA et al., 2006).

La técnica de disposición final llamada relleno sanitario, de acuerdo a la norma Brasileña ABNT 8419/1992, consiste en una obra de ingeniería de adecuación de un sitio para disponer los residuos previniendo daños al medio ambiente y la salud de pobladores, utilizando material de cobertura para confinar los residuos (ABNT 1992). Los residuos se depositan en el terreno y se compactan de forma manual o mecánica reduciendo su volumen, con el objetivo de reducir el área del relleno. Las obras de ingeniería en relleno sanitario son: drenaje de aguas lluvias, lixiviado, conformación de taludes, protección del suelo con geotextiles (impermeabilización para protección de aguas subterráneas), zona de colecta de lixiviado, obras de colecta del biogás (si se pretende aprovechar el recurso). Los resultados de la operación de un relleno sanitario son biogás y lixiviado.

Lixiviado es un líquido oscuro oloroso el cual consiste en una mezcla de varios compuestos, principalmente ácidos orgánicos e amonio y cuya formación se realiza esencialmente en tres bioprocesos: Hidrolisis, degradación aerobia y degradación anaerobia (BOVE et al., 2015). LA composición del lixiviado depende de los siguientes factores: tipo de residuo, edad del relleno sanitario, condiciones del clima y hidrogeología del sitio del relleno sanitario (BRENNAN et al., 2017). Los tipos de tecnología utilizados en el tratamiento se clasifican en: Sistemas biológicos aerobios con biomasa adherida y en suspensión, proceso ANAMMOX (Oxidación Anaerobia de Amonio), tratamientos biológicos anaerobios (GAO et al., 2015). Las características del lixiviado es compleja debido a sus características químicas es un problema crítico para el medio ambiente (CONTRERA et al., 2014a).

El uso de biomasa aerobia en el tratamiento de residuos líquidos o sólidos permite obtener altas tasas de eficiencias de eliminación de materia biodegradable; ejemplo de ellos serían: tanque de lodos activados, para tratamiento de aguas e compostaje para tratamiento de sólidos. El sistema de lodos activados posee un alto rendimiento en el tratamiento de aguas residuales, lixiviado y aguas

residuales industriales (SUTO et al., 2017). El proceso es desarrollado en tres etapas: 1. Un tanque donde los microorganismos se mantienen en suspensión y con aireación, 2. Separación de líquido y sólidos en un tanque sedimentador y 3. Un sistema de reciclaje de lodo de la separación de líquido y sólido para retorno hacia el reactor principal (TCHOBANOUGLUOS et al., 2004). En el sistema de lodos activados los microorganismos presentes son diversos tipos de bacterias complejas, hongos, protozoos y metazoos (ZHANG et al., 2017).

2. OBJETIVO

Adaptar la biomasa aerobia a lixiviado como medio utilizando etanol como substrato de alimento.

3. METODOLOGÍA

La metodología de la investigación fue la siguiente:

3.1 Biomasa aerobia y Lixiviado

La biomasa aerobia fue obtenida en una planta de tratamiento de aguas residuales en São Paulo, Brasil, de un tanque de lodo activado con nitrificación y desnitrificación simultánea. El lixiviado fue obtenido de un relleno sanitario ubicado en Paulinia, operado por la empresa ESTRE en el municipio de Paulinia, São Paulo, Brasil.

3.2 Aparato experimental

El aparato experimental consistió en un tanque de lodos activado de 15 L de capacidad y operado con diversos volúmenes en cada etapa conforme a lo presentado en la Tabla 1. Así como un aireador de acuario de 1,9 L.min⁻¹. Ver Figura 1.

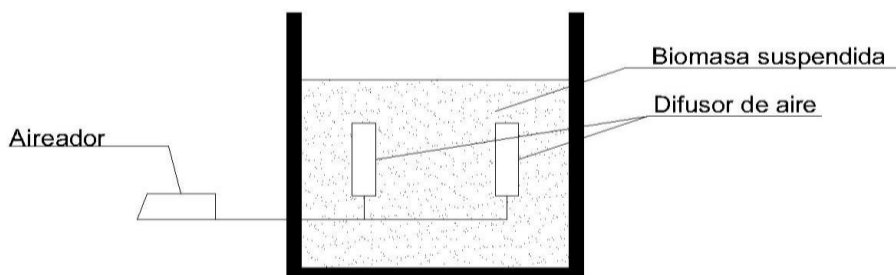


Figura 1. Reactor con biomasa suspendida

3.3 Metodología experimental y metodología analítica

A biomasa fue alimentada con etanol con 95% de pureza y los porcentajes de dilución con lixiviado se muestra en la Tabla 1. Sustrato adoptado por Contrera et al., (2014b) en la partida de un reactor anaerobio. Cada etapa fue considerada con un tiempo de 6 días, totalizando 36 días en total. La alimentación con etanol se realizaba cada dos días en cada etapa de acuerdo a los volúmenes mostrados en la Tabla 2.

Tabla 1. Volúmenes de operación del reactor

Etapas	Dilución	Volumen de lodo aerobio (L)	Volumen de lixiviado (L)	Volumen total (L)
1	10%	8.2	0.8	9.0
2	20%	9.0	1.8	10.8
3	40%	9.3	3.8	13.0
4	60%	8.0	4.8	12.8

5	80%	5.3	4.2	9.5
6	100%	3.2	3.2	6.4

Tabla 2. Volumen de etanol adicionado por etapas

Etapa	Volumen etanol (mL)
1	9
2	11
3	13
4	13
5	10
6	6

Los volúmenes de etanol fueron diferentes debido a que en cada etapa se dejaba suspender la biomasa por 30 min y se drenaba el sobrenadante, por lo que el volumen de lodo mostrado en la Tabla 1 es lodo adensado.

Las metodologías analíticas fueron realizadas em base a *Standard Methods* (2005), las cuales se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Metodologías analíticas

Parámetro	Metodología	Norma
pH	Potencial de Hidrogeno	<i>Standar Methods</i> 4500
Sólidos Suspensos Totales (SST)	Gravimétrico	<i>Standar Methods</i> 2540
Sólidos Suspendidos Totales Volátiles (SSTV)	Gravimétrico	<i>Standar Methods</i> 2540
DQO	Reflujo cerrado	<i>Standar Methods</i> 5220
COT		<i>Standar Methods</i> 5310

Las primeras dos etapas no se tomó muestras para análisis, las cuales se comenzaron a tomar a partir de la tercera etapa, dilución 40%. Al terminar los 36 días se hicieron tres ensayos para analizar el consumo de etanol por parte de los microorganismos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Os resultados de la adaptación de la biomasa al lixiviado como medio son los siguientes:

4.1 DQO

Las mediciones de DQO soluble y total se realizaron al inicio y final de cada etapa, su tendencia se muestra en la Figura 2 y 3 respectivamente.

En la Figura 2 se puede observar que en la dilución de 40% la DQO se incrementó em lugar de reducirse, por lo que se asume que la adaptación de los microorganismos al lixiviado fue lenta, posteriormente en la dilución del 60% redujo su concentración en una 11%, lo que demuestra que la actividad microbiana fue incrementando. Desde la etapa 4 (60%) se consigue revertir el proceso y los microorganismos comienzan a consumir el sustrato adicionado adaptándose al medio. En los ensayos 1, 2 y 3 la eficiencia de remoción fue de 22, 45 e 45% respectivamente. A medida que el porcentaje de dilución se aumentó, la eficiencia fue aumentando como se evidencia en los ensayos finales T1, T2 y T3.

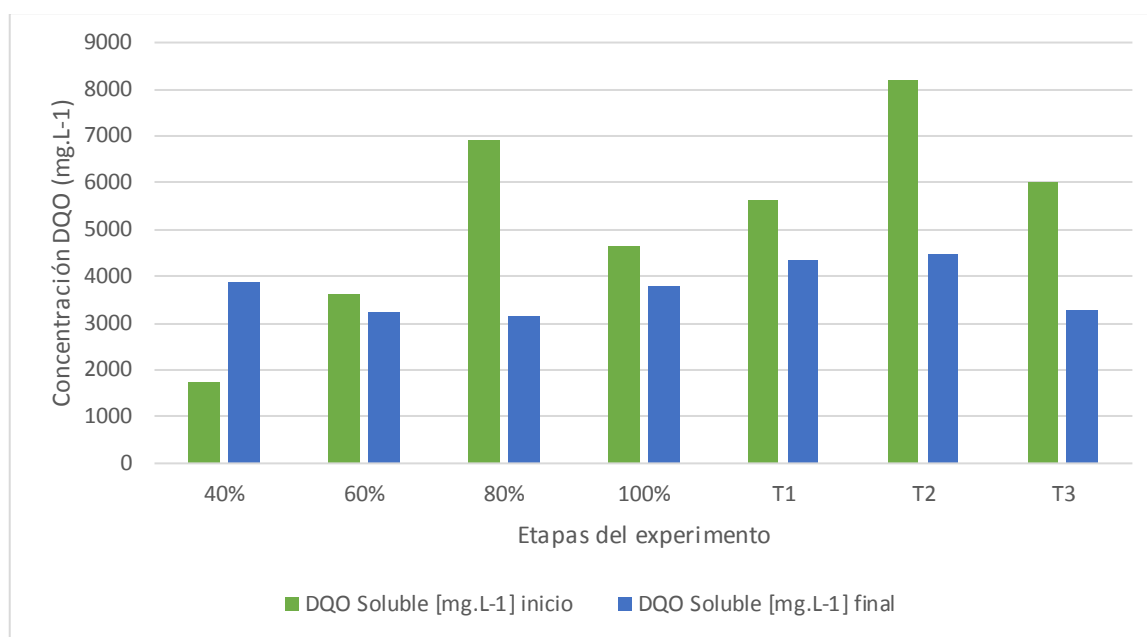


Figura 2. Comportamiento de la DQO soluble durante las diversas etapas del experimento

En cuanto a la DQO total (Figura 3) la tendencia se asemeja a la presentada en la Figura 2, con la diferencia que los porcentajes de remoción son un poco más bajos, eso se explica por el crecimiento de biomasa aerobia en el proceso.

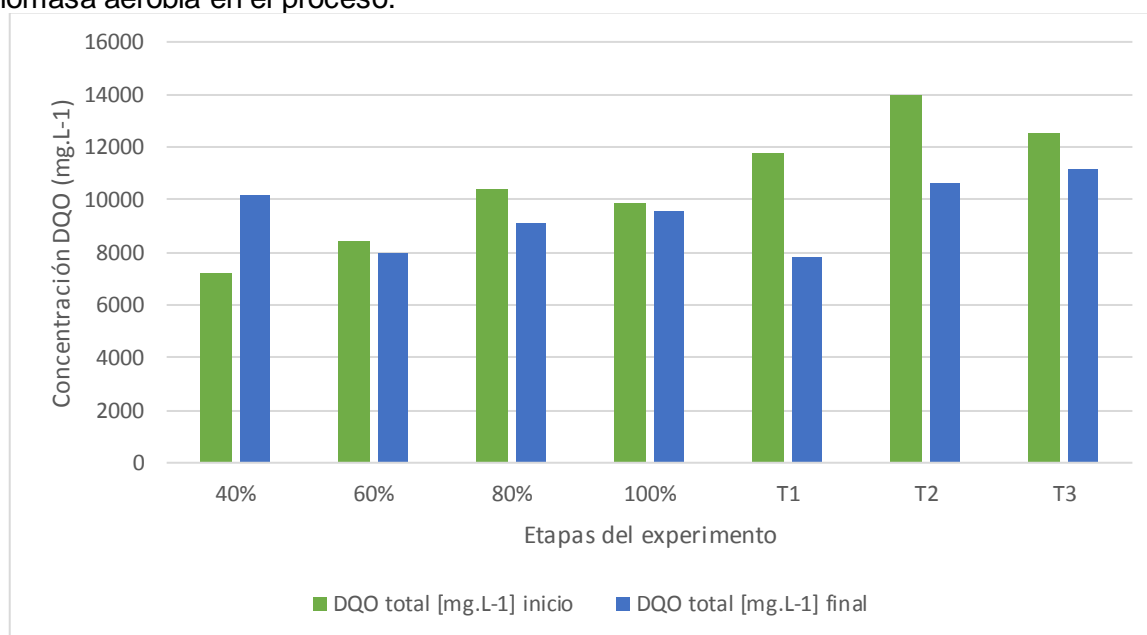


Figura 3. Comportamiento de la DQO total durante las diversas etapas del experimento

4.2 COT

El comportamiento de COT durante las diversas etapas del experimento se presentan en la Figura 4.

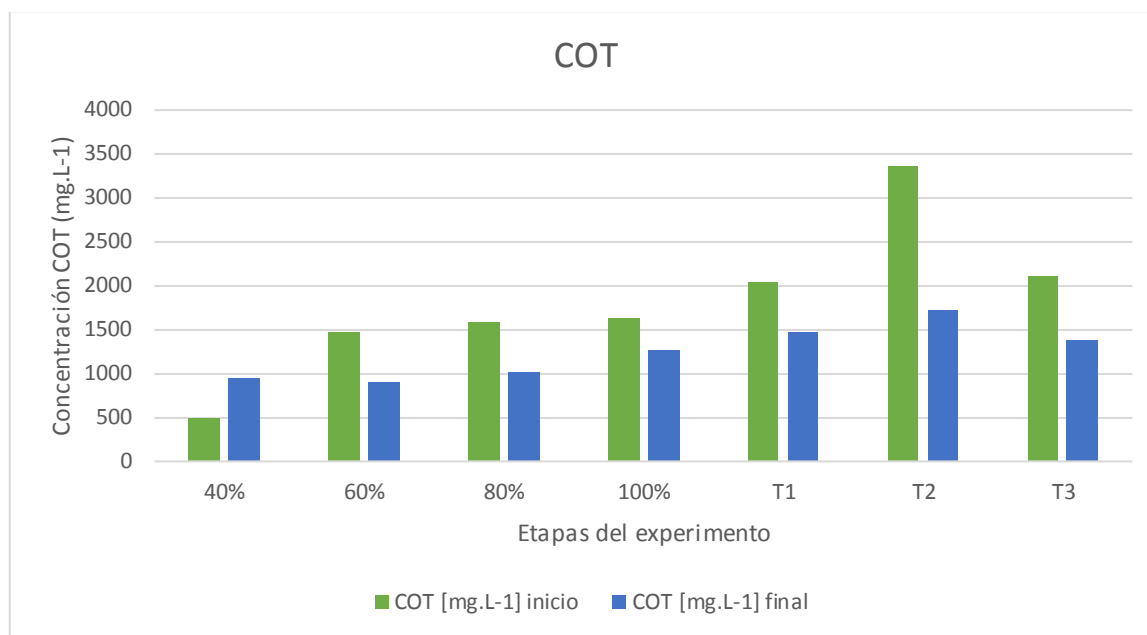


Figura 4. Comportamento de la COT durante las diversas etapas del experimento

En la Figura 4 se observa el comportamiento de COT, el cual al inicio (40%) el sistema no removía nada, al contrario, acumulaba carbono en el sistema, posteriormente, a partir de la dilución del 60% comenzó a remover materia orgánica presentado eficiencias de 39%. Debido al aumento en la concentración del lixiviado la tendencia incrementa directamente en las concentraciones de COT. En los ensayos finales T1, T2 y T3 las eficiencias de remoción fueron de 28, 49 y 35% respectivamente, denotando la adaptación gradual de los microorganismos al lixiviado como medio líquido.

4.3 SST e SSTV

El comportamiento de SST e SSV se presenta en la Figura 5 y 6 respectivamente. La tendencia de SST mostrados en la Figura 5 presente un incremento gradual, al igual que los SSV mostrados en la Figura 6. La concentración inicial de SSV fue 3370 mg.L⁻¹, al inicio del 40%, llegando a 7,220 mg.L⁻¹ en el ensayo T3, lo que se sugiere que la masa de microorganismos creció en el medio considerando que el lixiviado utilizado es de un relleno sanitario maduro.

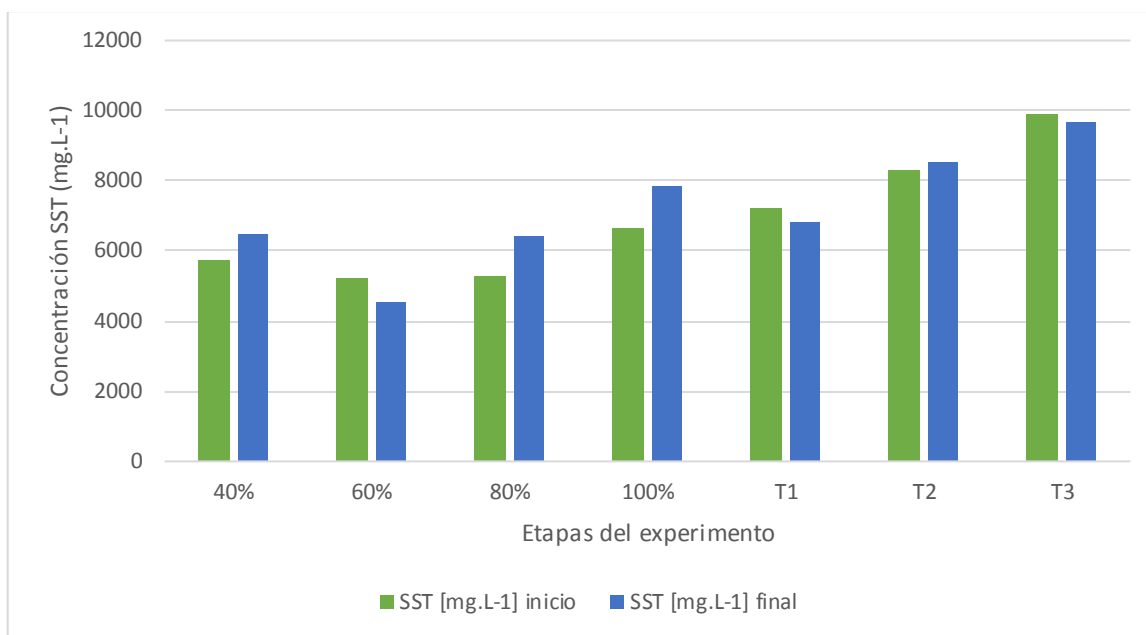


Figura 5. Comportamiento de SST durante las diversas etapas del experimento

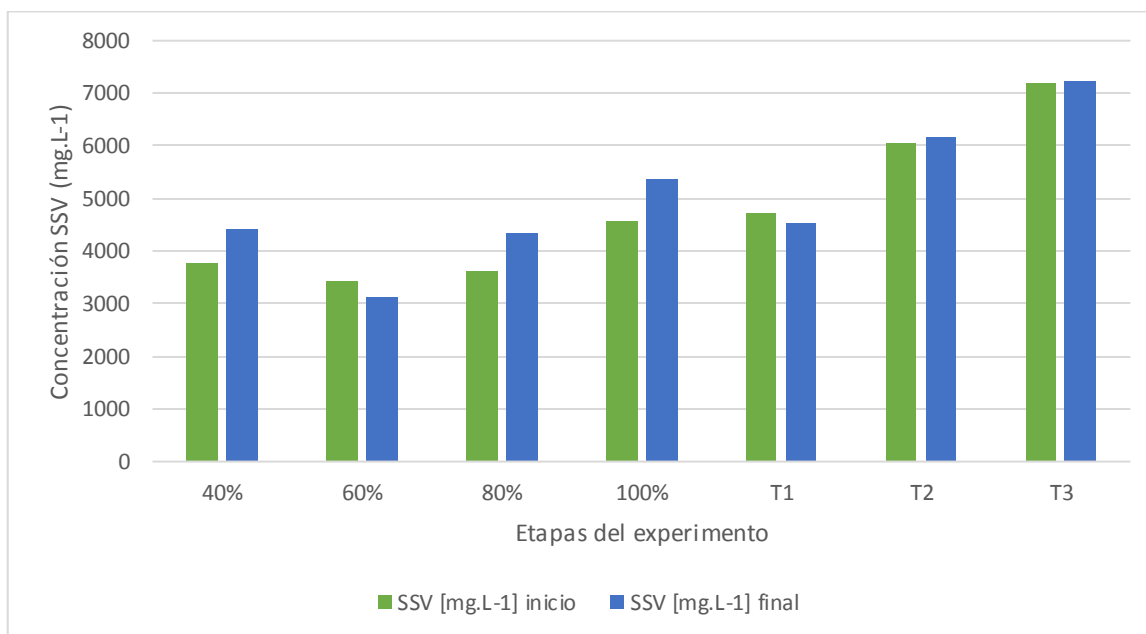


Figura 6. Comportamiento de SSV durante las diversas etapas del experimento

4.4 pH

El comportamiento del pH durante toda la fase de adaptación se mantuvo entre 7.6 y 8.7, el cual es un rango aceptable para la biomasa. La tendencia del pH durante todo el experimento se muestra en la Figura 7.

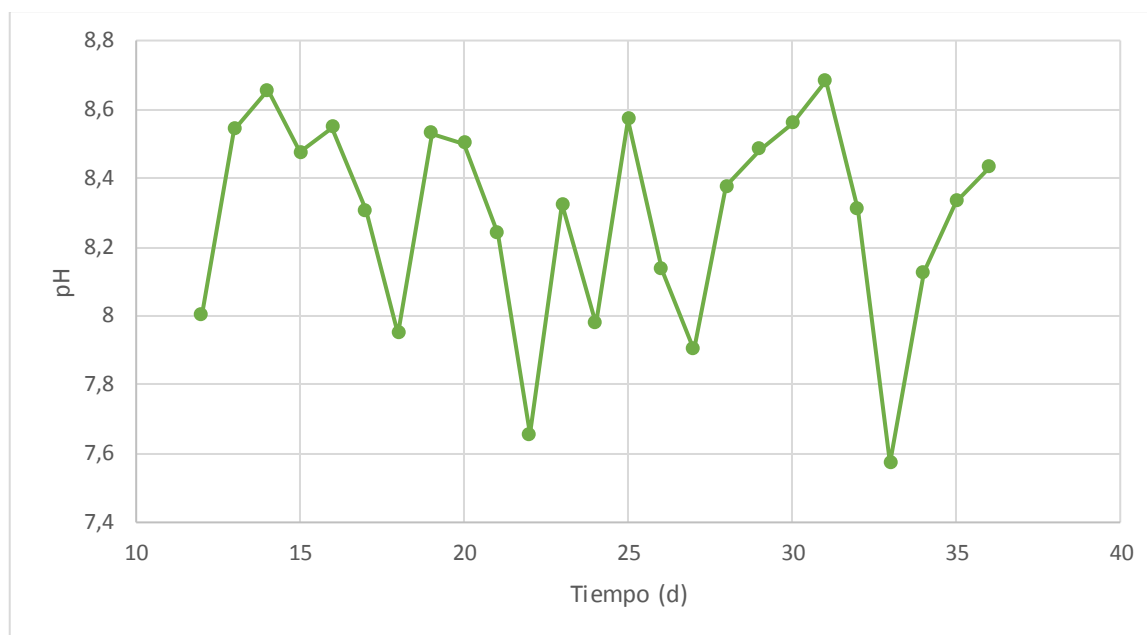


Figura 7. Comportamento do pH durante as diversas etapas do experimento

De los resultados anteriormente mostrado se puede analizar que los microorganismos aerobios en las primeras etapas mostraron eficiencias negativas de remoción de materia orgánica, proceso que fue revertido a partir de la dilución del 60%. En los ensayos finales las eficiencias fueron de 45% de DQO y 35% de COT, lo que sugiere que el lixiviado es un medio agresivo para organismos aerobios provenientes de un lodo activado con nitrificación y desnitrificación.

La biomasa adaptada a lixiviado puede servir de mejor forma en el tratamiento de lixiviado con aguas residuales, o como inoculo en la mejora de hidrólisis de residuos sólidos como paso previo para digestión anaerobia. La biomasa creció en un 191% con respecto a la etapa de dilución del 40%, eso a pesar de diluir en cada etapa la masa de microorganismos.

Campos y Piveli (2016) encontraron que con una mezcla de lixiviado y aguas residuales se puede obtener una remoción de 82%, a partir de esa dilución el porcentaje de remoción decrece y los microorganismos paran de crecer debido a alta carga orgánica y de amonio.

5. CONCLUSIÓN

La adaptación de biomasa aerobia proveniente de un sistema de lodo activado con nitrificación y desnitrificación simultánea es un proceso lento y que pueda obtener eficiencias de remoción de materia orgánica baja, pero puede propiciar una mejora en los procesos de tratamiento de lixiviado con aguas residuales al mezclar la biomasa adaptada con microorganismos de un lodo activado.

La metodología utilizada en el experimento permitió adaptar la biomasa aerobia a lixiviado como medio, lo cual permite utilizar ese lodo como inoculo en otros tratamientos existentes.

REFERENCIAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015**. São Paulo, Brasil, 2016. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21th Edition. Washington: American Public Health Association, 2005. 1368p.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº. 12.395.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, DF, 2 de agosto de 2010a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 17 abr. 2017.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos, Decreto nº. 7.404.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, DF, 23 de dezembro de 2010b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 17 abr. 2017.

BOVE, D.; MERELLO, S.; FRUMENTO, D.; ARNI, S.; ALIAKBARIAN, B.; CONVERTI, A. A Critical Review of Biological Processes and Technologies for Landfill Leachate Treatment. **Chemical Engineering & Technology**, n. 12, p. n/a-n/a, 2015.

BRENNAN, R. B.; CLIFFORD, E.; DEVROEDT, C.; MORRISON, L.; HEALY, M. G. Treatment of landfill leachate in municipal wastewater treatment plants and impacts on effluent ammonium concentrations. **Journal of Environmental Management**, v. 188, p. 64–72, 2017.

CAMPOS, F.; PIVELI, R. P. Redução da toxicidade aguda de lixiviado de aterro sanitário em co-tratamento com esgoto doméstico pelo processo integrado de lodo ativado com biofilme em leito móvel. **Revista Ambiente e Água**, v. 11, n. 2, p. 316–326, 2016.

CONTRERA, R. C.; DA CRUZ SILVA, K.; MORITA, D.; DOMINGUES, J.; ZAIAT, M.; SCHALCH, VALDIR. First-order kinetics of landfill leachate treatment in a pilot-scale anaerobic sequence batch biofilm reactor. **Journal of Environmental Management**, v. 145, p. 385–393, 2014a.

CONTRERA, R. C.; ZAIAT, M.; SCHALCH, V. Tratamento Biológico de Lixiviados de Aterros Sanitários Utilizando Reator Anaeróbio Horizontal de Leito Fixo (RAHLF). **Minerva**, v. 2, n. 1, p. 65–74, 2006.

CONTRERA, R.; SARTIB, R.; ALVES DE CASTRO, M.; FORESTID, E.; ZAIATD, M.; SCHALCHE, VALDIR. Ethanol addition as a strategy for start-up and acclimation of an AnSBBR for the treatment of landfill leachate. **Journal of Environmental Management**, v. 145, p. 385–393, 2014b.

KIRMIZAKIS, P.; TSAMOUTSOGLU, C.; KAYAN, B.; KALDERIS, D. Subcritical water treatment of landfill leachate: Application of response surface methodology. **Journal of Environmental Management**, v. 146, p. 9–15, 2014.

LI, X.; SONG, J.; GUO, J.; WANG, Z.; FENG, Qi. Landfill leachate treatment using electrocoagulation. **Procedia Environmental Sciences**, v. 10, n. PART B, p. 1159–1164, 2011.

RICORDEL, C.; DJELAL, H. Treatment of landfill leachate with high proportion of refractory materials by electrocoagulation: System performances and sludge settling characteristics. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 2, n. 3, p. 1551–1557, 2014.

SUTO, R.; SONG, J.; GUO, J.; WANG, Z.; FENG, Q. Anammox biofilm in activated sludge swine wastewater treatment plants. **Chemosphere**, v. 167, p. 300–307, 2017.

venu, D.; GANDHIMATHI, R.; NIDHEESH, P. V.; RAMESH, S. T. Treatment of stabilized landfill leachate using peroxicoagulation process. **Separation and Purification Technology**, v. 129, p. 64–70, 2014.

XIE, Z.; WANG, Z.; WANG, Q.; ZHU, C.; WU, Z. An anaerobic dynamic membrane bioreactor (AnDMBR) for landfill leachate treatment: performance and microbial community identification. **Bioresour Technol**, v. 161, p. 29-39, 2014.

ZHANG, X.; ZHENG, S.; XIAO, XUZE; WANG, L.; YIN, Y. Simultaneous nitrification/denitrification and stable sludge/water separation achieved in a conventional activated sludge process with severe filamentous bulking. **Bioresource Technology**. v. 226, p. 267-271, 2017.