



DIAGNOSTICO DE ATERRO SANITARIO EM FASE FINAL DE VIDA UTIL: ESTUDO DO ATERRO SANITÁRIO DE BOA VISTA/RR

Pedro Alves da Silva Filho (*), Ofélia de Lira Carneiro Silva, Sérgio Luiz Lopes, Ariane Amorim, Larissa de Castro Ribeiro

* Universidade Federal de Roraima, pedroasfilho@yahoo.com.br

RESUMO

A situação do atual e único aterro sanitário de Boa Vista/RR, encontra-se propícia para o tratamento biológico devido à localização geográfica e aos fatores climáticos da região, assim como por questões político-econômicas. Para a avaliação foram monitorados parâmetros físico-químicos e microbiológicos, tais como: Cloretos; DBO₅; DQO; pH; Nitrato e Temperatura. O período avaliado foi de 04 anos no referido aterro sanitário. Com relação ao desempenho do processo de tratamento do lixiviado, as eficiências de remoção dos parâmetros do sistema de tratamento existente (apesar de serem esperadas), e as concentrações efluentes dos parâmetros, não atendem, de maneira geral, aos valores estabelecidos pela legislação ambiental brasileira – Resolução CONAMA nº 357/2207 e 430/2011, que dispõe sobre o lançamento de efluentes líquidos em corpos receptores. De acordo com os valores encontrados às técnicas de tratamento de lixiviado existentes, os sistemas biológicos aeróbios são bastante efetivos para chorumes novos, quando a razão DBO/DQO é maior que 0,4, entretanto, a situação atual do lixiviado do aterro, apesar de possuir razão DBO/DQO igual a 0,58 encaminha-se para a fase intermediária de envelhecimento, exigindo um tratamento anaeróbio, é o caso do tratamento já existente.

PALAVRAS-CHAVE: aterro sanitário, aterro sanitário antigo, diagnostico de aterro sanitário antigo.

ABSTRACT

The situation of the current and only sanitary landfill of Boa Vista / RR, is favorable for biological treatment due to geographic location and climatic factors of the region, as well as for political-economic issues. For the evaluation were monitored physical-chemical and microbiological parameters, such as: Chloride; BOD₅; COD; pH; Nitrate and Temperature. The period evaluated was 04 years in the aforementioned landfill. Regarding the performance of the leachate treatment process, the removal efficiencies of the existing treatment system parameters (although expected), and the effluent concentrations of the parameters do not generally comply with the values established by Brazilian environmental legislation - CONAMA Resolution No. 357/2207 and 430/2011, which deals with the discharge of liquid effluents into receiving bodies. According to the values found in existing leachate treatment techniques, aerobic biological systems are very effective for new slurries, when the BOD / COD ratio is higher than 0.4, however, the current situation of landfill leachate, despite have a BOD / COD ratio equal to 0,58, and it goes to the intermediate phase of aging, requiring an anaerobic treatment, as is the case with the existing treatment.

KEY WORDS: landfill, old landfill, diagnosis of old landfill.

INTRODUÇÃO

A produção de resíduo nas cidades é de tal intensidade que não é possível conceber uma cidade sem considerar a problemática gerada pelos resíduos sólidos, desde a etapa da geração até a disposição final (MUCELIN & BELLINI, 2008). Esta problemática ambiental é de difícil solução e a maior parte das cidades brasileiras apresenta um serviço de coleta que não prevê a segregação dos resíduos na fonte (IBGE, 2006). O acondicionamento dos resíduos sólidos no aterro sanitário sem a prévia segregação gera maiores concentrações de líquidos altamente poluidores e elevadas taxas de produção de biogás no decorrer dos anos. A percolação da água da chuva na massa do resíduo e a umidade presente nos mesmos, sobretudo os orgânicos, geram um líquido comumente chamado de lixiviado. Este líquido apresenta uma grande variabilidade na sua composição, o que torna o seu tratamento complexo, uma vez que depende diretamente do tipo de resíduo que o origina. Fatores como as características do material aterrado, o grau de compactação dos resíduos nas células e regime de chuvas, afetam significativamente a qualidade e quantidade da geração do lixiviado de aterro (CASTILHOS JR et al., 2006).

Na composição do lixiviado, além dos compostos orgânicos e inorgânicos, também podem estar presentes outras substâncias tóxicas provenientes da disposição de resíduos não só domiciliares, mas também industriais e comerciais que podem apresentar substâncias perigosas. Essas substâncias, dependendo do grau de sua periculosidade, podem provocar



danos ambientais significativos e de difícil remoção ao atingir o lençol freático ou mesmo as águas superficiais, como também a contaminação do solo e do ar, com emissões de gases voláteis.

O impacto ocasionado pelo lixiviado no meio ambiente é bastante acentuado principalmente em relação à poluição das águas. A percolação do líquido no aterro pode provocar a poluição das águas subterrâneas e superficiais, sendo que uma das primeiras alterações observadas é a redução do teor de oxigênio dissolvido e, conseqüentemente, alteração da fauna e flora aquática. Os lixiviados de aterros sanitários geralmente contêm elevadas concentrações de compostos orgânicos, nitrogênio amoniacal e sais orgânicos. Os problemas associados ao descarte de amônia no meio ambiente devem-se à: A amônia livre (NH_3) que gera toxicidade aos peixes mesmo em baixas concentrações, uma vez que as concentrações letais variam de 2,5 a 25 mg/L, estes valores variam dependendo da espécie do peixe, da temperatura e do pH da água e da presença concomitante de outros contaminantes químicos na água; A oxidação biológica da amônia a nitrato decorre em consumo de oxigênio da água, podendo reduzi-lo até concentrações letais para a sobrevivência da vida aquática; A amônia age como um nutriente, causando um crescimento excessivo de bactérias filamentosas, fungos, micro e macro algas e outros organismos vivos que geralmente ocasionam o desequilíbrio do meio ambiente natural, originando o fenômeno da eutrofização.

A eficiência dos processos de tratamento de lixiviado está relacionada com a idade do aterro, tipo dos resíduos depositados, clima da região, quantidade produzida de lixiviado disposta para o tratamento, sendo que os resultados podem ser influenciados por estes fatores. O tratamento do lixiviado representa um grande desafio, devido à variação destas características. Esses fatores tornam difícil a determinação e adoção de uma única técnica eficaz, já que a técnica adotada para determinado aterro nem sempre é aplicável a outro. As opções disponíveis para o tratamento de lixiviado são geralmente as mesmas empregadas para efluentes industriais. Estas incluem tratamento de natureza física, química e biológica. Devido à grande complexidade da maioria dos lixiviados, estudos relatam que o tratamento deste efluente seja praticamente impossível através de um processo isolado.

Para tanto, procura-se integrar pré ou pós-tratamentos aos processos biológicos, reconhecidamente mais econômicos, a sistemas de pré-tratamento com maior poder de degradação para compostos recalcitrantes. Entre as técnicas estudadas, destaca-se o emprego de alternativas de tratamento de lixiviados tais como: filtros anaeróbios, banhados construídos, lodos ativados, reatores UASB, disposição no solo, destilador solar, lagoas de estabilização etc.

OBJETIVOS

Nesse contexto, a presente pesquisa visa diagnosticar o aterro em sua vida útil final, de forma a verificar se a alternativa adotada atualmente é a mais viável para o tratamento de efluentes gerados, para posteriormente ser lançados em corpos hídricos, atendendo as recomendações da resolução CONAMA 357/2005 e 430/2011.

METODOLOGIA

Localização e descrição do lócus da pesquisa

O aterro sanitário de Boa Vista/RR, localizado na zona oeste do município, é o primeiro aterro sanitário licenciado pelo órgão ambiental no Estado de Roraima, tendo passado por todas as etapas necessárias: estudo locacional, estudo de impacto ambiental, audiência pública, e projeto executivo, de modo a obter as três licenças ambientais estabelecidas pela legislação brasileira (Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação). O processo de início de escolha de áreas se deu em 1999, e o início efetivo de operação do aterro foi dezembro de 2002, tendo uma vida útil de projeto de 20 anos.

O local de implantação do empreendimento é uma área de cerca de 94 ha, localizado nas margens da BR-174. O aterro sanitário foi dimensionado para atender toda a geração gravimétrica de Boa Vista, atendendo todos os critérios técnicos de operação e manutenção dos resíduos ali acondicionados. O que observa-se é que o aterro vem sendo operado de forma inadequada no que refere-se o acondicionamento dos resíduos e a atuação de catadores no seu interior, o que vem comprometendo o seu gerenciamento. As Figuras 1 e 2 detalham a localização e a ETC do aterro sanitário de Boa Vista/RR.

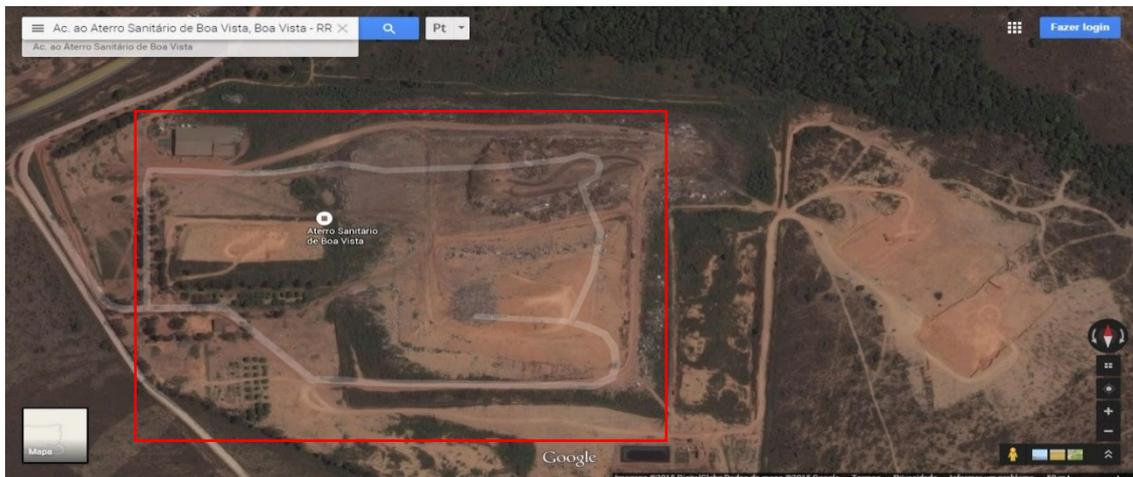


Figura 1: Localização do atual aterro sanitário de Boa Vista/RR . Fonte: (GOOGLE EARTH, 2019)



Figura 2: Vista da Estação de Tratamento de Chorume – ETC, por meio de lagoa anaeróbia do aterro sanitário de Boa Vista/RR.

As amostras coletadas objetivaram avaliar a eficiência da ETC do aterro sanitário no que diz respeito aos parâmetros descritos na Tabela 1. Os métodos de referências utilizados obedeceram APHA *et al.* (2005). Os valores encontrados nas análises apresentadas nos anos descritos anteriormente servirão para apresentação de outras alternativas possíveis para tratamento de lixiviados de aterros sanitários.

Tabela 1. Parâmetros e métodos usados nas análises das amostras.

PARÂMETRO	Métodos de Referencias
Cloretos (mg/L)	APHA <i>et al</i> (2005)
DBO (mg/L)	
DQO (mg/L)	
pH	
Nitrato (mg/L)	
Temperatura (°C)	



O monitoramento foi realizado entre 2014 a 2017, em meses variados, correspondendo uma amostra anual. Os resultados obtidos das análises dos parâmetros físico-químicos foram estruturados em planilha eletrônica do Microsoft Excel, de modo a se verificar a correlação dos valores encontrados. Os dados foram submetidos à estatística descritiva, para a obtenção dos valores de tendência central (média aritmética), desvio padrão e faixa de variação.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Caracterização do lixiviado do aterro sanitário de Boa Vista/RR

As amostras realizadas nos anos de 2014 a 2017 possibilitaram apresentar um cenário característico do lixiviado gerado no respectivo aterro sanitário. A Tabela 2 sintetiza as informações, bem como faz um comparativo com o referencial da literatura técnica.

Tabela 2. Comparação entre concentrações afluentes/efluentes da ETC do aterro sanitário de Boa Vista/RR.

Parâmetros	Concentrações usuais - Literatura		Concentrações médias - Aterro Sanitário de Boa Vista/RR		
	Faixa	Típico	Afluente	Efluente	E (%)
Cloretos (mg/L)	100-12.400	3.000	2972,75	1266,5	60,4
DBO ₅ (mg/L)	15.000-50.000	8.500	1940,5	515,5	73,5
DQO (mg/L)	21.000-78.000	20.000	3326,3	2220,3	33,2
pH	3,5 – 9,0	6,5	5,8	7,9	-
Nitrato (mg/L)	0,1 – 250	125	1,92	0,76	57,7
Temperatura (°C)	10 - 35	30	29	31	-

Fontes: CLARETO (1997) e HELD (1996); SOUTO *et al.* (2007);

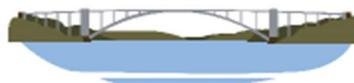
Os valores apresentados na Tabela 2 diferem dos encontrados na literatura para o aterro sanitário de Boa Vista/RR, talvez por diversas razões, dentre elas: a) idade do aterro, muito pequena quando comparada com os valores mostrados nas faixas encontradas na literatura que refere-se a aterros com idades superiores a 20 anos e o de Boa Vista/RR 15 anos aproximadamente; b) metodologia usada para a coleta das análises e sua periodicidade muito longa, entre as amostras coletadas; c) infiltrações de chorumes no subsolo; d) precipitações médias anuais para a cidade, muito superior as demais cidades > 1400mm; gerenciamento e operação deficitárias etc.

O atual e único Aterro Sanitário de Boa Vista/RR está localizado nas proximidades da área urbana, distante aproximadamente 10,00 Km do centro da cidade, onde funciona desde 2002. Pelo que foi observado, as valas ocupam hoje quase 80% do terreno e a deposição dos resíduos está sendo feita nas camadas sobrepostas das células, porém de forma errada, ou seja, o resíduo deve ser disposto no solo previamente preparado, e a cada 3 viagens de descarregamento, de acordo com a capacidade do veículo coletor, os resíduos sólidos devem ser empurrados através da pá carregadeira de pneus ou equipamento equivalente, de baixo para cima contra uma elevação natural ou célula anterior e distribuído sobre seu talude, com inclinação de 1:1 ou 1:2.

O que se comprovou *in loco* difere completamente da prática recomendada. Os resíduos sólidos são lançados sem o conhecimento de sua procedência e pesagem, quando da entrada do aterro. São lançados sem nenhum critério técnico de separação gravimétrica de resíduos, fato este constatado resíduos de origens diversas desde resíduos da construção civil, resíduos hospitalares, de informática, pilhas e baterias diversas. Estas práticas inadequadas na operação trazem consigo diversos problemas de caráter físico, ambiental e de saúde pública no aterro. Estes resíduos deveriam ser separados por unidades específicas de células. Não há coleta seletiva, todos os resíduos são acondicionados em células únicas, comprometendo a eficiência do tratamento e reduzindo a vida útil do aterro.

Análise do lixiviado gerado do aterro sanitário e indicações de alternativas viáveis para tratamento de lixiviados com características similares

A vazão média de lixiviado atualmente, com base no método suíço, é de 24,65 L/s. Embora esse método traz algumas incertezas, pois não leva em consideração a evaporação e outros condicionantes climáticos, mas, podemos perceber da problemática que esses lixiviados causam a biota aquática, uma vez que, este é o destino final dos efluentes tratados na lagoa anaeróbia existente. E, com base nesses pressupostos, os parâmetros analisados trazem algumas informações do tratamento existente para o aterro sanitário:



a) Cloretos

Os íons cloretos são importantes indicadores de contaminação por lixiviado dos resíduos sólidos urbanos em decomposição, por isso torna-se importante o estudo da sua concentração na massa de Resíduos Sólidos Urbanos – RSU, devido às características de toxicidade que estes podem assumir ao longo do tempo.

Por serem indicadores da evolução da degradação biológica e dos processos físico-químicos que ocorrem no interior da massa de resíduos, se faz necessário o acompanhamento de suas concentrações, pois é a partir deste conhecimento que podem ser avaliados a presença de contaminantes provenientes da decomposição dos resíduos ao longo do tempo após a destinação final dos RSU (RIBEIRO, *et al.*, 2013).

As Figuras 3 e 4 mostram o comportamento do cloreto em quatro anos consecutivos de operação. Embora, seja um indicador de contaminação ambiental, as concentrações encontradas estão abaixo do tipicamente encontrado na literatura que é de 3.000 mg/L. As coletas não tiveram uma certa regularidade, e as médias afluentes/efluentes foram de 2972,75mg/L e 1266,5mg/L respectivamente, e a eficiência média no período analisado foi de 60,4%.

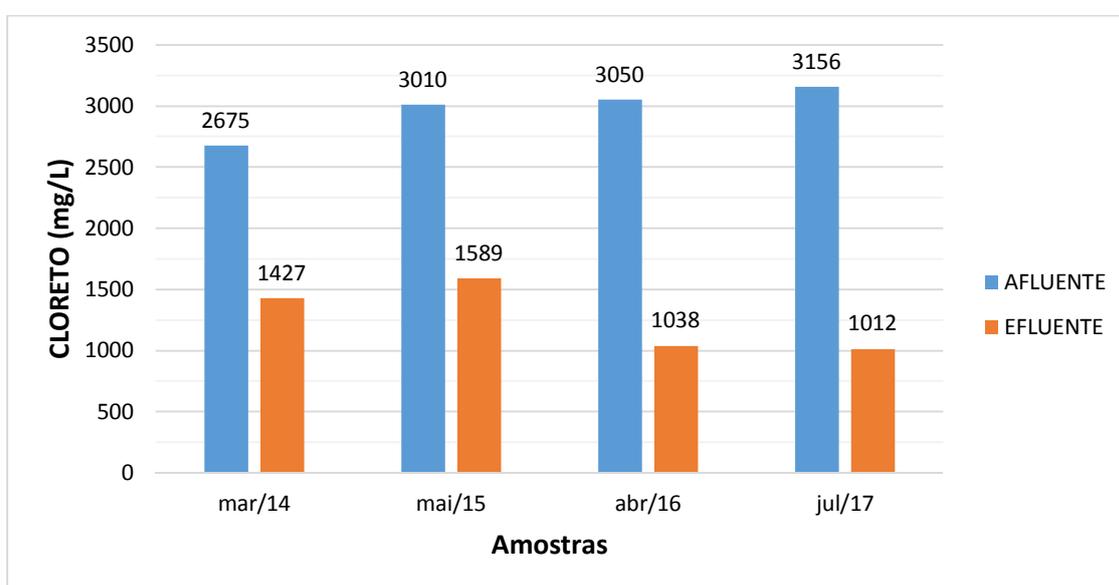


Figura 3: Comportamento do Cloreto no período analisado.

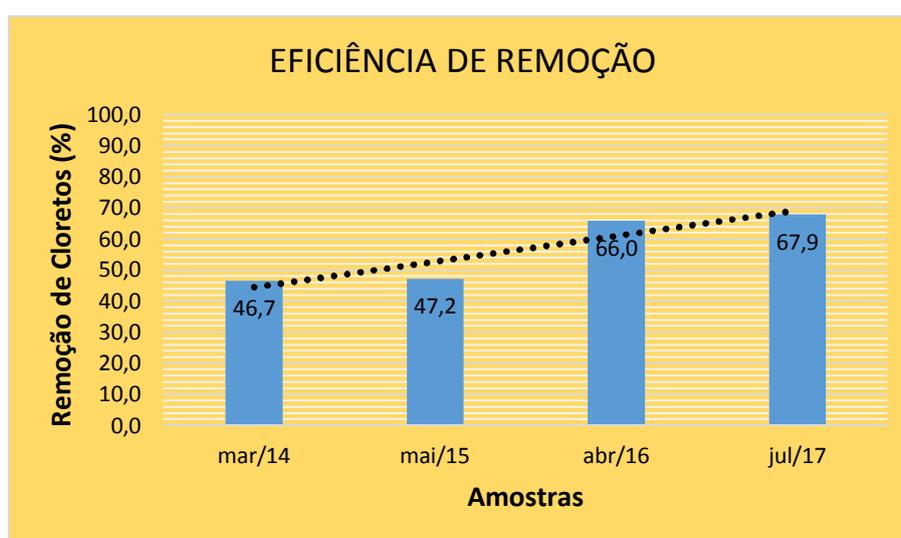
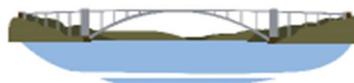


Figura 4: Eficiência na remoção de cloreto no período avaliado.

b) Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO

A remoção da matéria orgânica biodegradável é constituída por tratamento de nível secundário (biológico) e complementada em tratamentos de nível terciário (químicos e/ou físico-químicos), como é o caso muitas vezes em



tratamento de lixiviados de aterros sanitários. As figuras 5 e 6 ilustram o comportamento das concentrações de DBO durante os quatro anos consecutivos de monitoramento.

Embora seja também, um importante indicador de contaminação ambiental, as concentrações encontradas estão abaixo do tipicamente encontrado na literatura que é de 8.500 mg/L, conforme a tabela 1. As médias afluentes/efluentes foram de 1940,5mg/L e 515,5mg/L, respectivamente, esses baixos valores sugerem que a matéria orgânica biodegradável já estaria estabilizada, e a eficiência média do período foi de 73,5%. Os valores tiveram um acréscimo de pouco mais de 30% do último quadriênio analisado, isto decorre do processo de degradação dos resíduos sólidos e a formação do chorume, tendendo a ser maior com a idade do aterro, bem como a eficiência que avançou de 56,53% para 73,5%, o que implica dizer, que a ETC, adotada no aterro sanitário (lagoa anaeróbia, seguida de valos de oxidação), está atendendo a demanda de tratamento dos chorumes gerados.

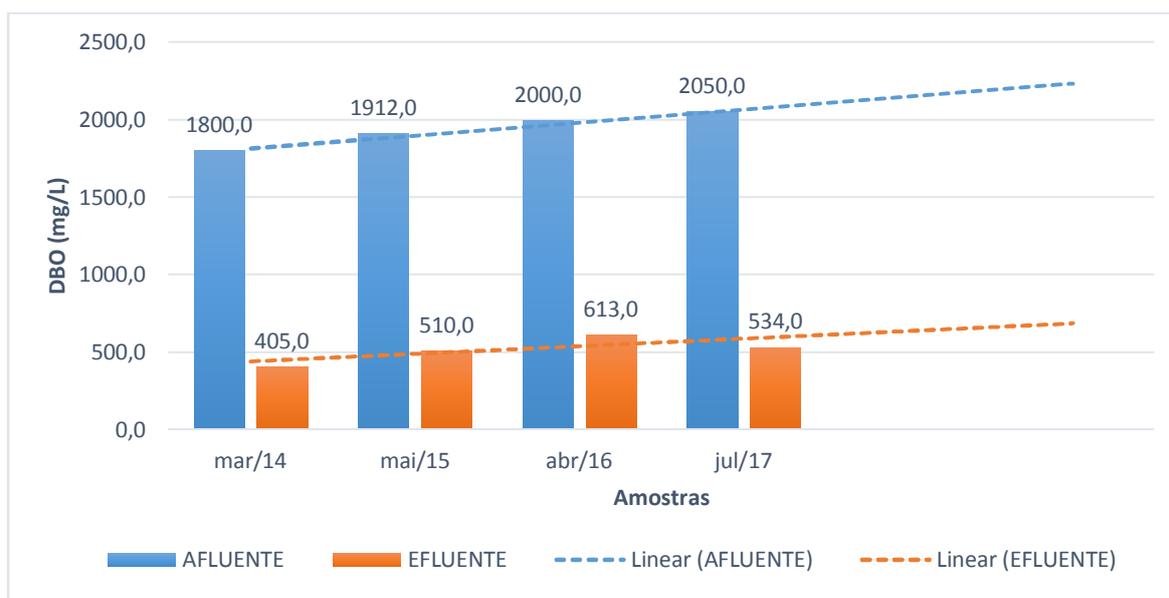


Figura 5: Comportamento da DBO no período de monitoramento do aterro sanitário.

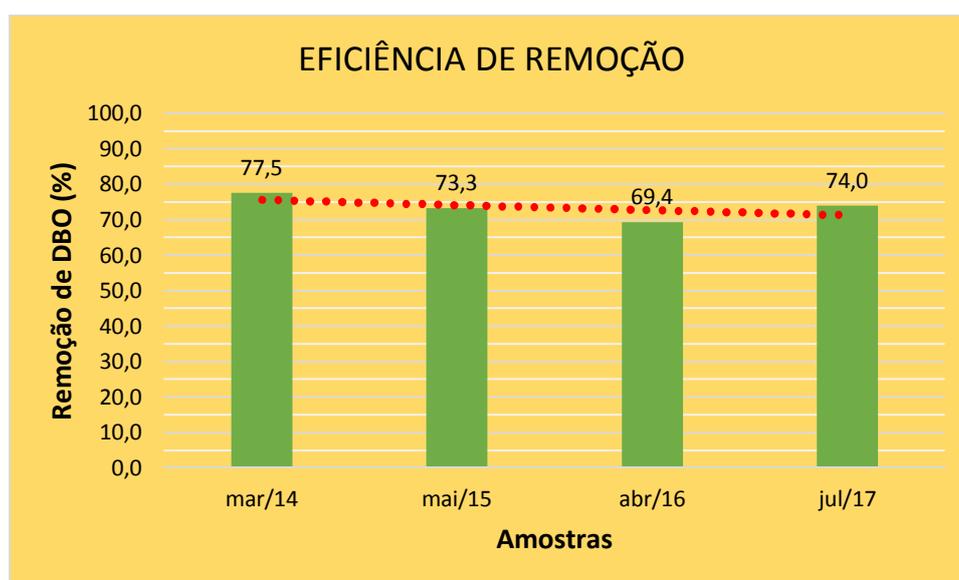


Figura 6: Eficiência na remoção de cloreto no período avaliado

Em análise ao comportamento das concentrações afluentes e efluentes de DBO para os anos analisados, observou-se uma tendência média acima de 70% de remoção de DBO pelo sistema empregado no aterro. A literatura técnica traz referências para esse tipo de tratamento na remoção de DBO da ordem de 50 a 70%, tendo alcançado aqui essa eficiência, porém ainda é insuficiente, mas, representa uma grande contribuição, aliviando a carga para um sistema de pós-tratamento. A literatura técnica sugeri ainda, que filtros anaeróbios de fluxo ascendente são excelente alternativa para o tratamento de



lixiviado de aterro sanitário, pois podem viabilizar remoções de matéria orgânica superiores a 50%, quando usado como tratamento principal (BIDONE, 2008). Usando como pós-tratamento, essa eficiência tende a ser superior a 80%.

c) Demanda Química de Oxigênio – DQO

A DQO é um importante parâmetro para o tratamento de águas residuárias e esgotos concentrados, como os industriais e os lixiviados de aterros sanitários. Medem a quantidade de matéria orgânica degradável por agentes químicos, e esse importante parâmetro, tende a aumentar quando os esgotos concentrados se tornam mais velhos com os anos. As figuras 7 e 8 ilustram o comportamento da DQO durante os quatro anos analisados.

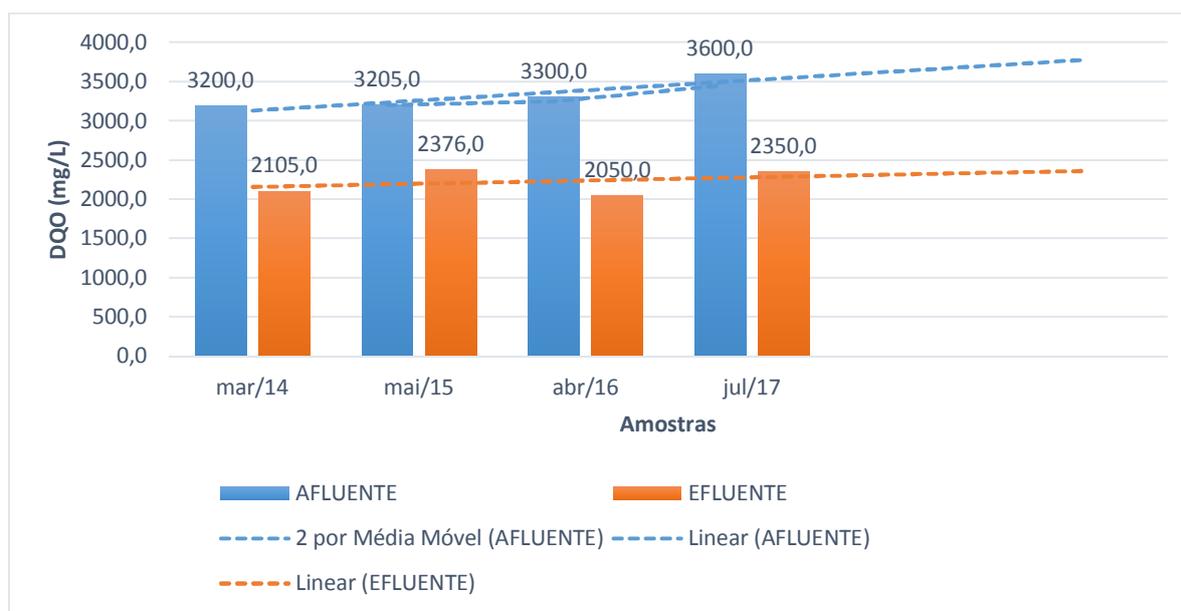


Figura 7: Comportamento da DQO no período de monitoramento do aterro sanitário.

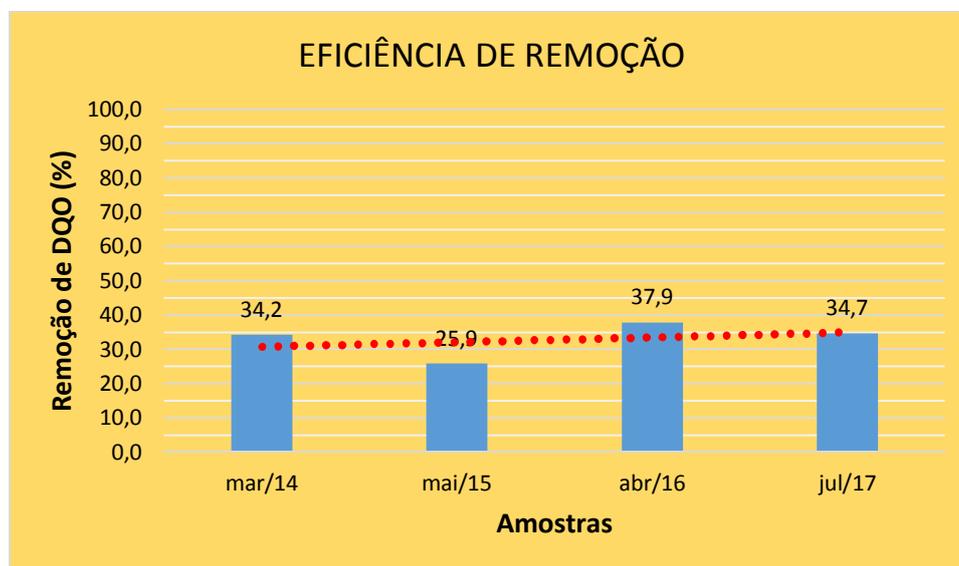
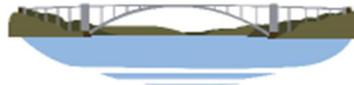


Figura 8: Eficiência na remoção de cloreto no período avaliado.

As concentrações de DQO apresentadas acima estão bem abaixo das concentrações que a literatura técnica nos diz, em torno de 20.000mg/L. Essa diferença apresentada tem diversos fatores, alguns deles podem ser pelas diferenças de anos de operação dos aterros em geral, pelo clima e a composição dos RSU. As médias afluente/efluente foram de 3326,3mg/L e 2220,3mg/L para os anos de 2014 a 2017, isso equivale a um acréscimo de pouco mais de 6%, do último quadriênio avaliado.

Em 15 anos de operação, esses valores sugerem que o estado atual do lixiviado ainda seja de novo, caminhando-se para intermediário. Em análise ao comportamento das concentrações afluentes e efluentes para os anos analisados, observa-se



uma tendência média de 33,20% para remoção de DQO. A medida que o aterro se aproxima da sua vida útil, e consequentemente com o envelhecimento dos resíduos depositados, as composições de lixiviados tendem a ser mais difícil de serem biodegradados por processos biológicos.

d) Nitrato, pH e Temperatura

Os valores afluentes de nitrato encontrados são muito baixos, e apresentaram excelente eficiência de remoção ao tratamento anaeróbia da ETC. Em análise ao comportamento das concentrações afluentes e efluentes para os anos analisados, a média afluente e efluente foi de 1,92mg/L e 0,76mg/L, respectivamente, observando-se uma tendência média de 57,7% na remoção desse composto no período avaliado.

O pH é outro fator que apresenta grande influência no processo anaeróbio. O pH influencia a atividade das enzimas hidrolíticas e dos microrganismos de todo o consórcio anaeróbio, principalmente dos microrganismos que têm baixa taxa de crescimento, como os metanogênicos. Analisando o pH das amostras afluente e efluente ao tratamento, no gráfico, pôde-se verificar que em todos os anos analisados houve um aumento média de 5,8 a 7,9 no pH, decorrente do processo de estabilização dos compostos.

A maioria dos estudos de biodegradabilidade anaeróbia é realizada na temperatura de 30 ou 35°C, e nestes casos, o resultado obtido indicará muito provavelmente a biodegradabilidade potencial, haja vista que a maioria dos sistemas de tratamento serão operados com temperaturas bem menores (20 a 25°C) (AMARAL et al, 2008). Para temperaturas abaixo de 10°C, ocorre a diminuição da atividade biológica, o que não constitui a realidade do tratamento do lixiviado do aterro sanitário de Boa Vista/RR, porém na faixa de 10 a 35°C a velocidade das reações praticamente dobra a cada 10 °C. Sendo 35 °C, a temperatura mais eficiente para o tratamento biológico, o que indica ser ideal para a realidade de Boa Vista/RR ao tratamento águas residuárias, que oscilou entre 29°C a 31°C, conforme detalha a Tabela 1 para os parâmetros de Nitrato, pH e Temperatura.

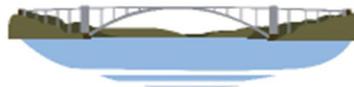
CONCLUSÃO

Com relação ao desempenho do processo de tratamento do lixiviado, as eficiências de remoção dos parâmetros do sistema de tratamento existente (apesar de serem esperadas), e as concentrações efluentes dos parâmetros, não atendem, de maneira geral, aos valores estabelecidos pela legislação ambiental brasileira – Resolução CONAMA N° 357/2005 e 430/2011, que dispõe sobre o lançamento de efluentes líquidos em corpos receptores.

Com relação às técnicas de tratamento de lixiviado existentes, os sistemas biológicos aeróbios são bastante efetivos para chorumes novos, quando a razão DBO/DQO é maior que 0,4, entretanto, a situação atual do lixiviado do aterro, apesar de possuir razão DBO/DQO igual a 0,58 encaminha-se para a fase intermediária de envelhecimento, pois encontra-se com 15 anos de operação, e de acordo com as análises encontradas, o atual sistema de tratamento de chorume existente, atende a demanda do tratamento. Neste caso, é recomendado que se faça a recirculação do efluente tratado para as células do aterro, uma vez que a qualidade do efluente não atende aos parâmetros ambientais vigentes para lançamentos em corpos hídricos. A recirculação melhorará o tratamento, e parte do efluente poderá perder-se por evaporação. Como solução alternativa de tratamento é recomendado pela qualidade dos efluentes monitorados os Processos Oxidativos Avançados – POAs, que envolve os tratamento físico-químico avançado, como também uma combinação de tratamento anaeróbio + biológico por meio de lagoas anaeróbias seguidas de filtros anaeróbios ascendentes, seguidos de unidades de *wetlands*, e posteriormente o lançamento final em corpos hídricos, desde que atenda as recomendações ambientais vigentes.

REFERÊNCIAS

1. Amaral, Miriam Cristina Santos *et.al.* **Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia de lixiviados de aterros sanitários.** Ver. Eng. Sanitária e Ambiental., vol.13; n° 1, 2008.
2. Apha; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 19th ed. New York: American Public Health Association. 2005, 1268 p.
3. Brasil. **Resolução CONAMA n° 430/2011**, de 13 de maio de 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. Diário Oficial da União, 16 de maio de 2011, p. 89.



4. Bidone, Ricardo Figueira. **Tratamento de lixiviado de aterro sanitário por um sistema composto por filtros anaeróbios seguidos de banhados construídos: Estudo de caso – Central de Resíduos do Recreio, em Minas do Leão/RS.** São Paulo: Blucher Acadêmico, 2008.
5. Castilhos jr., A.B. **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte.** Rio de Janeiro: ABES (PROSAB), 2003.
6. Clareto, C. R. , **Tratamento biológico de líquidos percolados gerados em aterros sanitários utilizando reator anaeróbio compartimentado.** São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1997.
7. Held, A. **Procesos Para el Tratamiento de Lixiviados de Vertederos.** Revista Residuos, n.º. 30, Bilbao – Espanha, Mai/Jun, 1996.
8. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PNSB – Pesquisa Nacional do Saneamento Básico, 2010 e 2013.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 abr. 2018.
9. Mucelin, C. A.; Bellini, M. **Lixo e Impactos Ambientais Perceptíveis no Ecosistema Urbano.** Sociedade & Natureza, v. 20 n° 1, 2008.
10. Ribeiro, Libania da Silva *et. al* . **Evolução da concentração de cloretos dos resíduos sólidos urbanos em biorreator.** III Conferencia Internacional de Gestão de Resíduos Sólidos. Campina Grande, 2013.