



XI SILUBESA

Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

III-017 – ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A BIODEGRADABILIDADE AERÓBIA E ANAERÓBIA DE CHORUME DE ATERRO CONTROLADO

André Felipe de Melo Sales Santos ⁽¹⁾

Engenheiro Químico formado pela Universidade Federal de Pernambuco. Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco

Mario Takayuki Kato

Engenheiro Civil formado pela UFPR. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP. Ph.D em Tecnologia Ambiental de Ciências da Agricultura pela Universidade de Wageningen, Holanda. Prof. do Mestrado e Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos e do Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais da UFPE. Prof. Adjunto do Depto. Eng. Civil no Centro de Tecnologia e Geociências da UFPE.

Lourdinha Florencio

Engenheira Civil, UFPE. Mestre em Hidráulica e Saneamento - EESC USP. Ph.D em Tecnologia Ambiental e Ciências da Agricultura pela Universidade de Wageningen, Holanda. Prof^a. Adjunto do Depto. de Eng. Civil no Centro de Tecnologia e Geociências, UFPE. Prof^a.da Pós-graduação em Engenharia Civil, UFPE e do Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais da UFPE.

Endereço⁽¹⁾: UFPE-CTG / Departamento de Engenharia Civil. Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n – Cidade Universitária. CEP 50740-530 Recife-PE. Brasil Telefones: +55 (81) 3271-8228. Fax: +55 (81) 3271-8220/8205.



afmss@uol.com.br

RESUMO

A avaliação das características físico-químicas e da tratabilidade do chorume são etapas fundamentais para a determinação da concepção do sistema de tratamento mais adequado para aquelas condições. Neste sentido, a pré-determinação do grau de biodegradabilidade do chorume por via anaeróbia e aeróbia pode evitar problemas futuros com odores, baixas eficiências e custos elevados de manutenção e operação. Neste trabalho, foi realizado inicialmente uma detalhada caracterização físico-química do chorume do Aterro Controlado da Muribeca, localizado no município do Jaboatão dos Guararapes, Região Metropolitana do Recife-PE. Realizaram-se também testes de biodegradabilidade anaeróbia e aeróbia deste chorume com alta relação DQO/DBO (variando entre 2,4 e 3,5 do período chuvoso ao seco). Os testes anaeróbios estáticos foram realizados com dois lodos anaeróbios granulares: um proveniente de um reator UASB de tratamento de efluentes de indústria alimentícia (AME= 0,210 g DQO-CH₄ /g SSV.d e 8,3% de SSV) e outro também proveniente de um reator UASB para tratamento de efluente de uma usina de açúcar (AME= 0,293 g DQO-CH₄ /g SSV.d e 8,9% SSV). Para ambos os lodos anaeróbios obtiveram-se resultados semelhantes da ordem de 60% de remoção em DQO. Os teste aeróbios em batelada com e sem inoculação de lodo aeróbio, proveniente de um sistema de lodos ativados para tratamento de efluentes sanitários, alcançaram valores de remoção de DQO da ordem de 87% (em 200 h, com inoculação), e 65% (em 600 h, sem inoculação), respectivamente. O tratamento aeróbio mostrou-se neste caso, apesar da baixa biodegradabilidade do chorume, mais eficiente que o tratamento anaeróbio.

PALAVRAS-CHAVE: Biodegradabilidade, chorume, aterro controlado, tratamento anaeróbio, tratamento aeróbio.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e a sua concentração em grandes centros urbanos têm gerado problemas crescentes quanto à questão do abastecimento de água, do esgotamento sanitário e principalmente da disposição e tratamento de resíduos

sólidos.

O volume de lixo produzido pela população das grandes cidades é tão grande que os sistemas naturais não conseguem reintegrá-lo nos respectivos ciclos biogeoquímicos satisfatoriamente.

No Brasil são coletados por dia, cerca de 228.413 toneladas de resíduos sólidos, dos quais 125.258 toneladas são de origem domiciliar. A produção *per capita* de lixo domiciliar média é da ordem de 0,74 kg/hab.dia podendo chegar a valores de 1,96 kg/hab.dia em função da região do país (PNSB, 2002).

O chorume gerado nos processos de degradação do lixo urbano em aterros sanitários é um líquido que apresenta características de altas cargas de contaminantes orgânicos e inorgânicos e sendo assim, representam uma fonte de poluição significativa, seja em grandes centros ou em pequenos aglomerados urbanos. A determinação das características físico-químicas dessa lixívia e de seu potencial de biodegradabilidade são etapas fundamentais na decisão técnico-econômica para a aplicação da melhor tecnologia disponível àquela situação específica, dentro de uma visão mais moderna de gestão integral do resíduo e de seus subprodutos gerados.

Alternativas para o tratamento biológico de chorume são abundantes na literatura em função basicamente da realidade local, de condicionantes técnicos e operacionais e das características do próprio percolado. Entretanto, para chorumes mais antigos onde a relação DQO/DBO é alta, as referências sobre o uso de processos biológicos são significativamente mais escassas; em particular os de via anaeróbia.

A biodegradabilidade do chorume encontra uma relação estreita com a natureza do lixiviado e com idade do aterro. Aterros mais jovens apresentam lixiviados com elevadas frações de compostos orgânicos de degradação mais fácil. Em contrapartida, os percolados de aterros antigos já tiveram essa fração mais suscetível à degradação, biotransformada através dos processos desenvolvidos nas células, restando uma fração de materiais orgânicos e inorgânicos recalcitrantes. Segundo FORGIE (1988), citado por SANCINETTI *et al.* (2001), um período de transição típico do chorume de novo para velho está entre 3 e 5 anos, e 6 e 10 anos. BAIG *et al.* (1997), citados por BILA *et al.* (2001), sugerem que valores superiores a 3 e 4 da relação DQO/DBO₅ indicam uma baixa biodegradabilidade do efluente.

A manutenção da DQO em valores elevados indicaria que os materiais orgânicos são recalcitrantes e não facilmente sujeitos a oxidação química, mesmo considerando o uso de oxidantes fortes. A relação DQO/DBO tende a crescer com o aumento da idade do aterro em função da redução da fração orgânica que mais rapidamente é degradada, podendo ser um indicativo que processos biológicos seriam cada vez menos efetivos para o tratamento de chorume (LO, 1996; HENRY, 1987 *apud* SANCINETTI *et al.*, 2001). BERRUETA *et al.* (1996) avaliaram a biodegradabilidade de chorume de aterro antigo (12 anos) detectando que apenas 40-50% do material orgânico seria biodegradável.

Percebe-se, entretanto, que a dificuldade para o tratamento de chorume não reside apenas para aqueles lixiviados mais antigos. Mesmo para os chorumes mais jovens podem apresentar problemas operacionais para sistemas biológicos de tratamento, em função da variabilidade de suas características físico-químicas, das altas cargas biológicas, das altas concentrações de metais alcalinos e pesados, compostos halogenados, nitrogenados e deficiências nutricionais.

Aterros antigos geralmente encontram-se em fase metanogênica e sob esta condição apresentam DQO na faixa de 1500 a 4000 mg/l, tendendo a consumir rapidamente os ácidos graxos voláteis (AGV), convertendo-os em biogás no próprio aterro (WELANDER *et al.*, 1988 *apud* SANCINETTI *et al.*, 2001) restando compostos orgânicos de alto peso molecular, de difícil tratamento por via biológica, como ácidos fúlvicos e húmicos (FORGIE, 1988 *apud* SANCINETTI *et al.*, 2001).

Existe uma tendência observada na literatura relativa ao tratamento de lixiviados de aterros com altas concentrações de material orgânico recalcitrante, ou seja, de baixa biodegradabilidade, em se utilizar processos mistos em detrimento do uso de apenas processos biológicos convencionais (IMAI *et al.*, 1998 *apud* BILA *et al.*, 2001).

Neste sentido este trabalho visou dar uma contribuição à avaliação preliminar das eficiências de tratamento de chorume com altas relações DQO/DBO, através da determinação da biodegradabilidade por via aeróbia e anaeróbia.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi dividida em três etapas a destacar: caracterização físico-química do chorume, avaliação da biodegradabilidade aeróbia e anaeróbia.

Caracterização do chorume

O aterro controlado da Muribeca é o maior aterro urbano da Região Metropolitana do Recife (PE). Em operação desde 1985, o aterro possui uma área de cerca de 60 ha, dividida em 8 células de dimensões de 200 x 200 metros com altura de 20 a 30 metros. Devido as freqüentes intervenções dos órgãos de fiscalização ambiental em ação conjunta com a comunidade, o antigo lixão foi sendo transformado gradativamente em um aterro controlado. Na fase atual do projeto de reestruturação do aterro foi realizada uma drenagem nas células do aterro, de forma que o chorume é encaminhado para uma estação de tratamento.

As coletas do chorume para a sua caracterização foram feitas antes da entrada da estação de tratamento de chorume (ETC), onde o chorume que chegava era o somatório daqueles gerados em várias células de idades diferentes do aterro; sendo assim, era o mais representativo quando se objetivava fazer uma caracterização mais ampla. Realizou-se um total de 10 coletas, no período de março a dezembro de 2002, cobrindo os meses de inverno e verão. Foram feitas medições de parâmetros de campo, através de aparelhos, como pH, temperatura, condutividade elétrica, salinidade e sólidos dissolvidos totais (TDS) e os seguintes parâmetros físico-químicos em laboratório: série de sólidos totais e sólidos suspensos, óleos e graxas, alcalinidade, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrito, nitrato, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, fósforo total, ácidos graxos voláteis (AGV), sulfato, cloretos, turbidez, cor e metais. A metodologia de análise dos parâmetros físico-químicos seguiu basicamente o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (1995) e foram realizadas no Laboratório de Saneamento Ambiental – LSA–CTG–UFPE.

Testes de biodegradabilidade anaeróbia

Os testes de biodegradabilidade anaeróbios foram realizados segundo metodologia proposta por FIELD *et al.* (1988). Utilizaram-se reatores de 1 litro (garrafas de soro rosqueadas dotadas de septos de borracha vedantes) nos quais eram introduzidos uma determinada massa calculada do inóculo anaeróbio (lodo granular) e o chorume a ser degradado. Foram utilizados dois tipos de lodo granular: de usina de açúcar e outro de indústria alimentícia. Os testes também foram realizados em duplicata em temperatura controlada a $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. A DQO centrifugada e filtrada foram determinadas diariamente, assim como o pH do sistema e a produção de metano. Foram utilizados 3,71 g SSV/l de lodo de indústria alimentícia (AME= 0,210 g DQO-CH₄ /g SSV.d e 8,3% de SSV) e 4,7 g SSV/l de lodo de usina de açúcar (AME= 0,293 g DQO-CH₄ /g SSV.d e 8,9% SSV). A quantidade em massa de lodo utilizada foi de cerca de 29 g para os dois tipos de lodo. O restante do volume do reator era preenchido com chorume até alcançar a massa de 1 kg. Na Figura 1 apresenta-se a montagem do aparato experimental do teste de biodegradabilidade anaeróbio.



Figura 1- Montagem do aparato experimental do teste de biodegradabilidade anaeróbio

Testes de biodegradabilidade aeróbia

O teste de biodegradabilidade aeróbia foi realizado em dois reatores de acrílico de 10 cm de diâmetro, de altura 40 cm e volume útil de 2,5 litros.

Dois testes de biodegradabilidade aeróbios foram realizados. O primeiro teste não utilizou inóculo aeróbio (teste sem inoculação), de forma a avaliar o potencial degradativo dos microrganismos autóctone presentes no chorume e sua aptidão degradativa em um meio contendo oxigênio abundante como oxidante sob agitação. O segundo teste de biodegradabilidade utilizou um lodo aeróbio de uma estação de tratamento de efluentes (lodos ativados) (teste com inoculação), de forma a avaliar a interferência de microrganismos alóctones na degradação do chorume em um meio aeróbio.

Neste caso foi preenchido cerca de 1/3 do volume útil do reator com este lodo. Ambos os testes em batelada procederam inicialmente com a neutralização do chorume a pH neutro (7,0) sendo a alimentação do oxigênio realizada

por bombas compressoras caseiras (bombas de aquário), com as saídas de ar realizadas através de duas pedras difusoras (pedras porosas de aquário) que visavam melhorar a transferência gás-líquido, pela redução do tamanho das bolhas de ar.

Os testes foram realizados em temperatura ambiente (24 a 30 °C), em duplicata, de forma que um dos reatores em teste (reator 1) possuísse um outro reator denominado de reator de controle (reator 2), sob as mesmas condições, de forma que a cada vez que se retirava uma alíquota para análise do primeiro reator em teste (reator 1), retirava-se uma alíquota de igual volume do segundo reator em teste (reator 2) e a introduzia imediatamente no primeiro reator em teste (reator 1) de forma que o mesmo permanecesse sob volume constante.

O monitoramento desses reatores ocorreu inicialmente em horas e depois em dias, em função da evolução da redução da DQO observada em cada amostra retirada. A análise de DQO_{filtrada} seguiu ao *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (AWWA/APHA/WEF, 1995), utilizando uma membrana de filtração de 1,2 µm e 47 ± 0,5 mm (ME-28 da marca Scheucher e Schuell). Também foram medidos periodicamente: a temperatura e o pH dos reatores. Na Figura 2, apresenta-se a montagem do aparato experimental dos testes de biodegradabilidade aeróbia realizadas no chorume do aterro da Muribeca.



Figura 2- Aparato experimental para o teste de biodegradabilidade aeróbio.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Caracterização do chorume

Na Tabela 1 apresentam-se os resultados dos 10 meses (março a dezembro de 2002) de caracterização dos parâmetros físico-químicos, das análises de metais e das determinações microbiológicas do chorume do aterro da Muribeca. São apresentados os valores mínimos, máximos, as médias aritméticas obtidas e o número de determinações (ND) realizadas para cada parâmetro.

Tabela 1- Parâmetros de caracterização físico-químicos do chorume do aterro da Muribeca (março a dezembro de 2002)

Parâmetros	Mínimo	Máximo	Média	ND
Parâmetros físico-químicos				
T (°C)	25,3	35,1	31,2	18
pH	7,44	8,35	8,06	18
Salinidade (‰)	1,4	13,6	8,9	18
TDS (mg/l)	1251	12900	8316	18
Condutividade (mS/cm)	2,97	23,5	14,9	18
DQO (mg/l)	691	3995	2733	18
DBO (mg/l)	120	1700	766	18
Turbidez (NTU)	79,8	2116	299,6	18
Cor (Pt-Co)	1750	6000	4000	18
Cloretos (mg Cl ⁻ /l)	949,7	4748,5	2460,3	10
Alcalinidade (mg/l CaCO ₃)	825	5650	2211	18
AGV (mg/l)	36	585,6	244,3	18
Óleos e graxas (mg/l)	11	155	90	10
Série do nitrogênio, fósforo e enxofre				
Nitrogênio Total (N-NTK) (mg/l)	2,8	15,4	7,2	11
Nitrogênio amoniacal (N-NH ₄ ⁺) (mg/l)	83	1189	343	10
Nitrato (N-NO ₃ ⁻) (mg/l)	0,4	3,2	2,2	9
Nitrito (N-NO ₂ ⁻) (mg/l)	1,07	6,1	3,77	9
Fósforo (mg/l)	1,06	9,84	4,31	10
Sulfato (SO ₄ ²⁻) (mg/l)	16,7	652,5	229,2	9
Série de sólidos				
ST (mg/l)	3236,3	11039	6270,8	10
STF (mg/l)	2606,3	8634,7	4862,9	10
STV (mg/l)	630	2404,3	1340,2	10
SST (mg/l)	178,7	2766,7	753,7	10
SSF (mg/l)	85,3	2418,7	554,7	10
SSV (mg/l)	62,7	318,7	199,2	10
Metais transição, alcalinos e alcalinos terrosos				
Ag (mg/l)	0,01	0,05	0,03	3
Al (mg/l)	1,05	76,0	33,75	7
Cd (mg/l)	0,0	0,05	0,02	3
Cr (mg/l)	0,13	0,335	0,19	7
Cu (mg/l)	0,035	0,089	0,06	3
Fe (mg/l)	3,9	39,0	19,12	5
Mg (mg/l)	3,67	4,52	4,00	3
Mn (mg/l)	0,522	0,877	0,69	3
Ni (mg/l)	0,03	0,08	0,05	7
Pb (mg/l)	0,09	0,43	0,31	7
Ti (mg/l)	0,02	0,05	0,04	3
Co (mg/l)	0,01	0,03	0,02	4
Zn (mg/l)	0,21	0,82	0,55	7
Na (mg/l)	925	1049	976,7	4
Li (mg/l)	6,0	11,0	7,6	4
K (mg/l)	888	957	919	4
Ca (mg/l)	137,5	205	172,1	7

Fonte: SANTOS, 2003,

Obs.: ND = Número de determinações realizadas para o parâmetro

Observou-se uma grande variação dos dados obtidos quando se comparam os valores máximos e mínimos obtidos durante os 10 meses de caracterização para a maioria dos parâmetros.

Os dados de caracterização apresentam certa similaridade com os apresentados por LEMA *et al.* (1987) e CONTRERAS *et al.* (1988) citados por MÊNDEZ *et al.* (1988).

Verificou-se que a relação DQO/DBO variou entre 2 e 6 com média em torno de 3 estando em concordância com os dados de BILA (2002) para chorumes de aterros com essa idade aproximada (mais de 12 anos). É importante destacar que há uma grande influência da precipitação pluviométrica na região do aterro nos meses de inverno.

Observa-se por exemplo que as variáveis salinidade, TDS, condutividade, série de sólidos totais, DQO, DBO, cor, cloretos, alcalinidade, AGV e nitrogênio amoniacal tiveram um aumento significativo no período mais seco. Neste caso o efeito da concentração do chorume aumenta a quantidade de sólidos e sais, o que afeta diretamente os parâmetros que deles dependem (salinidade, TDS, condutividade, série de sólidos totais, cor e cloretos).

A diluição ocasionada pela intrusão da água de chuva nas células do aterro reduz a quantidade de matéria orgânica e inorgânica do chorume por unidade volumétrica e sendo assim há uma redução desses parâmetros. Outro fator relacionado a esses dois parâmetros é a relação DQO/DBO observada. No período chuvoso esta relação média foi de 2,4 e no período seco de 3,5.

Os parâmetros AGV, nitrogênio amoniacal e alcalinidade têm uma relação entre si e o seu aumento deve estar associado à própria concentração do chorume no período seco.

Notou-se, entretanto, que os parâmetros turbidez e série de sólidos suspensos sofreram redução nas médias dos valores no período mais seco. A turbidez é aumentada provavelmente pelo fato de que, no inverno, a água de chuva que percola na parte superior das células, arrasta materiais finos das argilas usadas na sua cobertura, sendo este fato muito reduzido no verão.

A redução do teor de sólidos suspensos pode estar também relacionada à diminuição do carregamento de matérias argilosos e orgânicos mais finos arrastados com a água da chuva mais freqüente no período chuvoso.

Os parâmetros pH, nitrogênio total, óleos e graxas, nitrato, nitrito, fósforo e sulfato praticamente não sofreram alterações significativas no período de caracterização em virtude provavelmente de estarem associados à natureza e a idade dos resíduos sólidos em estado avançado de estabilização. Observou-se que o valor do nitrogênio total foi inferior ao amoniacal este fato deve estar associado à limitações do método em relação à obtenção de resultados de uma amostra muito diluída.

Observa-se também que o valor do pH médio obtido encontra similaridade com os apresentados por diversos pesquisadores (POHLAND e HARPER, 1985; MERBACH Jr., 1989; BIDONE e POVINELLI, 1999 e PINTO, 2000) para aterros de resíduos em fase metanogênica.

Esta mesma constatação é relacionada com a alta relação DQO/DBO, que segundo WELANDER *et al.* (1998) citado por SANCINETTI *et al.* (2001) indica que o resíduos já se encontram em fase adiantada de maturação.

Destacam-se os valores altos para os metais alcalinos potássio e sódio associados à presença de sedimentos areno-argilosos nos solos que são utilizados nos recobrimentos das células. O metal alcalino lítio mostrou valores mais baixos, assim como os metais alcalinos terrosos cálcio e magnésio. Os demais metais apresentaram valores significativamente mais baixos em concordância os dados observados por diversos autores da literatura consultada para chorumes de aterros antigos. Destacaram-se os valores de ferro e alumínio relativamente altos, associados provavelmente às características dos solos utilizados na cobertura das células. Destaca-se que nenhum dos metais pesados apresentou limite acima do permitido pela Resolução CONAMA Nº 20/86 (1986) para lançamento de efluentes. Esse metais também se encontram abaixo do limite de toxicidade à peixes, segundo BRAILE e CAVALCANTI (1979).

Biodegradabilidade anaeróbia

Nas Figuras 3 e 4 apresentam-se respectivamente as curvas de decaimento de DQO em meio anaeróbico para os lodos de indústria alimentícia e de usina de açúcar em função do tempo e a percentagem de degradação em relação a DQO inicial do chorume do aterro da Muribeca sob as condições experimentais descritas.

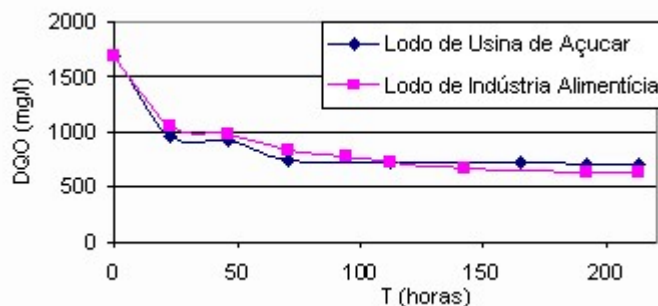


Figura 3- Decaimento da DQO em função do tempo no teste de biodegradabilidade anaeróbia do chorume do aterro da Muribeca.

Observa-se um rápido decaimento da DQO inicial do chorume nas primeiras 24 horas do experimento. Entretanto, um grande amortecimento desse decaimento a partir da 24ª hora até a 48ª hora do experimento pode ser atestado na Figura 3. A partir da 72ª hora do experimento nota-se que a taxa degradativa não evolui consideravelmente (Figura 4).

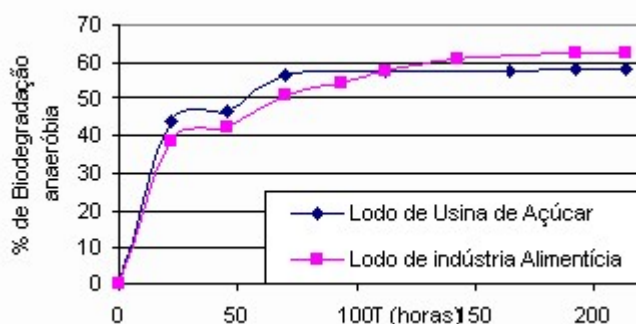


Figura 4- Percentagem de biodegradação anaeróbia do chorume do aterro da Muribeca

Os lodos apresentaram comportamento semelhante quanto à biodegradabilidade do chorume, estabilizando cerca de 45 % da DQO inicial num período de 50 horas atingindo cerca de 60% de redução da DQO inicial em até 200 horas.

O lodo de indústria de açúcar obteve um comportamento um pouco melhor nas primeiras 24, entretanto, verificou-se que este comportamento modificou-se a partir da 100ª hora do teste, quando o lodo de indústria alimentícia se tornou ligeiramente mais eficiente

Os resultados do teste de biodegradabilidade anaeróbia do chorume do aterro da Muribeca apresentaram-se muito semelhantes aos de BERRUETA *et al.* (1996) que trabalhou com biodegradabilidade de chorume de aterro antigo obtendo valores da ordem de 40-50%.

Um fator que pode ter interferido na baixa biodegradabilidade do processo anaeróbio foi a alta relação DQO/DBO obtida da ordem de 4,2, indicando que havia pouca matéria orgânica degradável a ser anaerobicamente digerida.

Biodegradabilidade aeróbia

Os resultados do teste em batelada da biodegradabilidade aeróbia, sem inoculação de lodo, no chorume do aterro da Muribeca encontram-se nas Figuras 5 e 6.

Na Figura 5 observa-se o decaimento da DQO em função do tempo do experimento. Na Figura 6 verifica-se o resultado em percentagem de degradação aeróbia sem inoculação de lodo no chorume do Aterro da Muribeca em relação a DQO inicial em função do tempo do experimento.

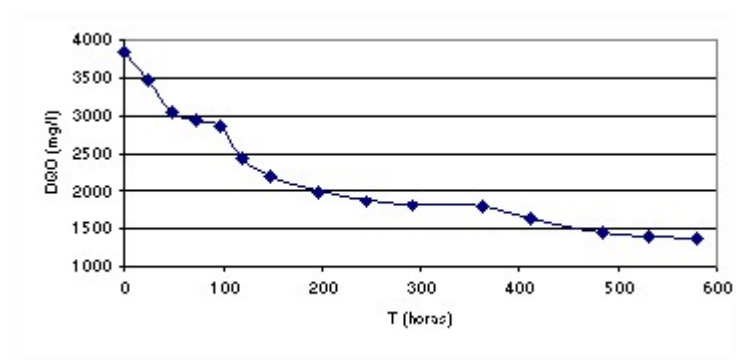


Figura 5- Decaimento da DQO em função do tempo no teste de biodegradabilidade aeróbia sem inoculação de lodo no chorume do aterro da Muribeca.

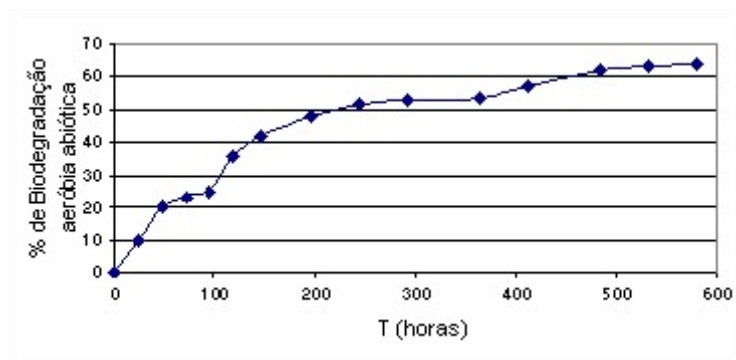


Figura 6- Percentagem de biodegradação aeróbia sem inoculação de lodo no chorume do aterro da Muribeca

Observou-se que, para a degradação aeróbia do chorume sem a inoculação de lodo aeróbio, seria necessário cerca de 230 horas para se degradar 50% da DQO inicial com injeção contínua de ar e agitação intensa.

Também se observou que a taxa de degradação evoluiu pouco significativamente a partir da 300^a hora de experimento e que seriam necessárias cerca de 600 horas para se degradar cerca de 65% da matéria orgânica inicial deste chorume.

Os resultados do teste aeróbio com inoculação são apresentados nas Figuras 7 e 8. Na Figura 7 observa-se o decaimento da DQO em função do tempo do experimento.

Na Figura 8 verificamos a percentagem de degradação aeróbia com inoculação de lodo aeróbio do chorume do Aterro da Muribeca em relação a DQO inicial em função do tempo do experimento.

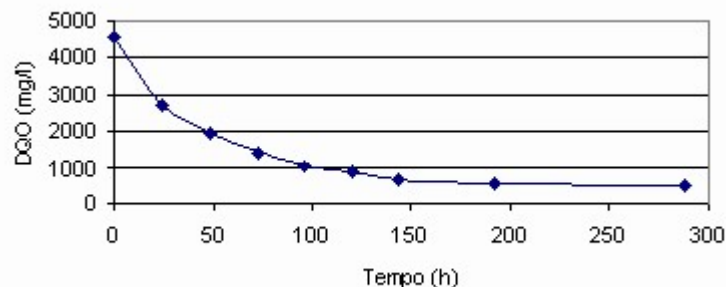


Figura 7- Decaimento da DQO em função do tempo no teste de biodegradabilidade aeróbia com inoculação do chorume do aterro da Muribeca.

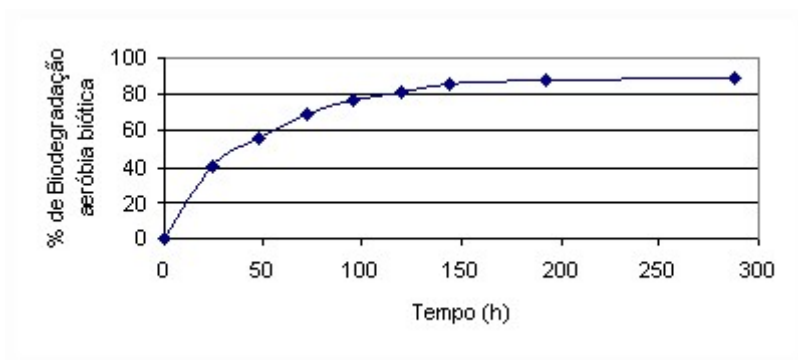


Figura 8- Porcentagem de biodegradação aeróbia biótica do chorume do aterro da Muribeca

Observou-se que a inoculação de lodo aeróbio propiciou uma redução significativa do tempo para a degradação aeróbia.

Foi necessário apenas cerca de 40 horas para se degradar 50% da DQO inicial do chorume e em 200 horas cerca de 87 % da DQO foi degradada.

Observou-se também que a taxa degradativa no meio biótico foi mais constante que no meio sem inoculação. Na Tabela 2 apresenta-se um quadro comparativo entre os testes aeróbios bióticos e sem inoculação.

Tabela 2- Quadro comparativo observado entre os testes aeróbios com inoculação e sem inoculação.

Observações comuns aos experimentos	Teste aeróbio com inoculação	Teste aeróbio sem inoculação
Tempo necessário para degradar 50% da DQO inicial	40 horas	230 horas
Porcentagem de biodegradação máxima observada	87 % (200 horas)	65% (600 horas)
Problemas operacionais observados	Formação abundante de espuma nas primeiras horas do experimento	Formação moderada de espuma nas primeiras horas do experimento
Redução de cor	Significativa da ordem de 65 % ao fim do experimento	Pouco significativa da ordem de 30% ao fim do experimento

CONCLUSÕES

Caracterização do lixiviado

Através dos dados obtidos na caracterização do chorume do aterro da Muribeca pode-se concluir que:

- O chorume do aterro da Muribeca possui alta relação DQO/DBO, variando de 2 a 6, possuindo características de baixa biodegradabilidade quando da aplicação de sistemas de tratamento de efluente biológicos;
- Devido às características físico-químicas deste lixiviado, o aterro encontra-se em fase metanogênica de degradação e os resíduos em fase de maturação adiantada;
- Existe um significativo efeito de diluição que ocorre nos meses mais chuvosos (março a agosto) que afeta significativamente os parâmetros: salinidade, TDS, condutividade, série de sólidos totais, DQO, DBO, cor, cloretos, alcalinidade, AGV e nitrogênio amoniacal;
- Os parâmetros pH, nitrogênio total, óleos e graxas, nitrato, nitrito, fósforo e sulfato, não foram significativamente afetados pelo efeito de diluição no período de precipitações mais intensas, podendo indicar que estes estão relacionados à natureza e à idade dos resíduos sólidos em estado avançado de estabilização;
- A concentração de metais pesados encontra-se abaixo dos limites determinados pelo CONAMA N° 20/86, para lançamento de efluentes, para todos os metais analisados;

Teste de biodegradabilidade anaeróbia

- Os dois lodos utilizados no teste de biodegradabilidade anaeróbia (usina de açúcar, AME= 0,293 g DQO-CH₄ /g SSV.d e de indústria alimentícia, AME= 0,210 g DQO-CH₄ /g SSV.d) apresentaram valores de remoção de DQO similares e da ordem de 60%;
- O lodo de indústria alimentícia mostrou-se ligeiramente mais eficiente na remoção de DQO a partir da 100^o hora do experimento, provavelmente devido a uma melhor difusão substrato-lodo e a melhor evolução do inóculo ao substrato (chorume);
- A relação DQO/DBO da ordem de 4,2, durante este experimento, indicou que este chorume possuía realmente uma baixa biodegradabilidade;
- A presença de traços de metais e amônia em excesso pode ter interferido com efeito bacteriostático.

Testes de biodegradabilidade aeróbia sem e com inoculação

- O teste sem inoculação apresentou-se menos eficiente na remoção de DQO que o teste com inoculação de lodo, como se esperava, em virtude provavelmente do segundo conter um número substancialmente mais elevado de colônias aptas ao consumo de substrato livre em meio rico em oxigênio;
- Em termos de eficiência o teste sem inoculação obteve remoção máxima da ordem de 65% em 600 horas de teste. O teste com inóculo aeróbio obteve uma resposta em eficiência muito superior, cerca de 87 %, em 1/3 do tempo do experimento sem inóculo aeróbio (200 horas);
- O teste sem inóculo aeróbio apesar de ter tido um resultado inferior serve como um indicativo que no chorume existem colônias aptas à degradação em um meio com disponibilidade de oxigênio;
- O teste com inoculação também se mostrou eficiente na remoção de cor do chorume da ordem de 65 % em 200 horas, podendo indicar sua viabilidade como pós-tratamento;
- Ambos os testes aeróbios apresentaram problemas de formação abundante de espuma (mais intensa no reator com inoculação), o que deve ser observado com cuidado quando a escala do experimento for aumentada.

Comparação entre os testes de biodegradabilidade aeróbios e anaeróbios

- Observou-se que apesar de se tratar de um chorume antigo, de alta relação DQO/DBO, ou seja de alta recalcitrância, os testes aeróbios, na escala estudada apresentaram maior eficiência que os anaeróbios sendo mais efetivos para concepções de sistemas de tratamentos biológicos de chorumes com estas características.
- Os testes aeróbios obtiveram melhores resultados na remoção da cor do chorume.
- Seriam necessários novos estudos, avaliando o efeito do aumento da escala para obtenção de resultados mais esclarecedores
- Seria interessante avaliar a eficiência de configurações de sistemas mistos (anaeróbio-aeróbio) para chorumes com estas características físico-químicas .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. APWA; AWWA; WPCF, 19^o edition, Washington, 1995.
2. BERRUETA, J.; GUTÉRREZ, A.; FUEYO, G. *Anaerobic treatment of leachates in pilot-scale UASB: strategy of start-up*. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. v. 67, n. 3, p. 302-314, 1996.
3. BIDONE, F. R. A; POVINELLI, J. *Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos*. EESC/USP-Projeto Reenge. São Carlos, São Paulo, 1999.
4. BILA, D.; MONTALVÃO, A. F.; DEZOTTI, M.. *Aplicação de um processo oxidativo no aumento da*

biodegradabilidade do chorume do aterro de Gramacho. In : Anais do XIV Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Agosto, 2002.

5. BRAILE, P. M., CAVALCANTI, J. E. W. A. *Manual de tratamento de águas residuárias*. São Paulo, CETESB. 1979.

6. LO, I. M. C. *Characteristics and treatment of leachates from domestic landfills*. *Environment International*. v. 22, n. 4, p. 433-442. 1996.

7. MÈNDEZ, R.; LEMA, J.; BLAÚZQUEZ, R.; PAN, M.; FORJAN, C. *Characterization, digestibility and treatment of leachates from old and young landfills*. *Water Science Technology*. v. 21. p. 145-135. 1988.

8. MERBACH JR, P. S. *Estudos de avaliação de metais pesados em percolado de aterro sanitário em função do tempo de disposição*. São Carlos, 1989. Dissertação de mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1989.

9. POHLAND, F. G.; HARPER, S. R. *Treatment of landfill leachate with an upflow anaerobic reactor combining a sludge bed and a filter – Discussion*. *Water Science and Technology*. v. 21, n.12, p. 1543-1550. 1985.

10. SANCINETTI, G. P.; FIGUEIRA, M. S.; COELHO, M. G. *Uso de lodos ativados no tratamento de chorume proveniente de aterro sanitário*. In: IX SILUBESA - SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA ANITÁRIA E AMBIENTAL, 2000, Bahia. *Anais*. Salvador, 2001. CD.

11. SANTOS, A. F.M.S.; *Caracterização, Avaliação da Biodegradabilidade Aeróbia e Anaeróbia e Tratamento em Reator UASB do Chorume do Aterro da Muribeca*. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Pernambuco, 2003.168p.