

III-103 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E TOXICOLÓGICA DO LIXIVIADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES E RESÍDUOS SÓLIDOS DE SERVIÇO DE SAÚDE CODISPOSTOS EM CÉLULA DE ATERRO SANITÁRIO

Ubiratan Amorim da Silva

Mestre em Engenharia Ambiental – PEAMB/UERJ. Graduado em Engenharia Química pela UFRJ. Engenheiro Químico do INEA

Daniele Maia Bila⁽¹⁾

D.Sc. em Engenharia Química/Tecnologia Ambiental pela COPPE/UFRJ e M.Sc. em Engenharia Química/Tecnologia Ambiental pela COPPE/UFRJ. Professora Adjunta do Depto. de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente – Faculdade de Engenharia - UERJ.

João Alberto Ferreira

D.Sc. em Saúde Pública pela ENSP - Fundação Oswaldo Cruz e M.Sc. em Engenharia Ambiental pelo Manhattan College, New York, USA. Professor Adjunto do Depto. de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente – Faculdade de Engenharia - UERJ.

Bianca Ramalho Quintaes

Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos/ EQ/ UFRJ. Mestre em Microbiologia/UERJ. Biomédica/ UNIRIO. Gerente da Divisão de Microbiologia do Centro de Pesquisas Aplicadas da COMLURB.

Juacyara Carbonelli Campos

D.Sc. em Engenharia Química/Tecnologia Ambiental pela COPPE/UFRJ. Engenheira Química pela Escola de Química - UFRJ. Professora Adjunta do Departamento de Processos Inorgânicos da Escola de Química - UFRJ

Endereço⁽¹⁾: Rua São Francisco Xavier, 524, sala 5029/F, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 20559-9900, Brasil. e-mail: danielebila@yahoo.com.br.

RESUMO

O tratamento e o destino final dos resíduos sólidos de serviços de saúde (RSS) têm gerado controvérsias no tocante às alternativas tecnológicas disponíveis e aos riscos para a saúde pública e ao meio ambiente. O presente trabalho consistiu na caracterização físico-química e toxicológica de lixiviados de resíduos de serviços de saúde e de lixo domiciliar coletados pela Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB) na cidade do Rio de Janeiro e teve por objetivo subsidiar a discussão com relação à questão da necessidade de tratamento e disposição final diferenciada para os resíduos de serviços de saúde. Os resultados obtidos ilustram uma biodegradabilidade não tão elevada dos lixiviados das células experimentais C1, C2 e C3, onde C1 contém 100% de RSD, C2 100% de RSS e C3 98% de RSD em mistura com 2% de RSS. Lixiviados oriundos de aterros sanitários novos se caracterizam normalmente por valores elevados de biodegradabilidade. No entanto, os resultados mostram um baixo nível de biodegradabilidade dos lixiviados das células experimentais C1, C2 e C3. Os parâmetros físico-químicos analisados indicam que os micro-organismos encontram-se ainda na fase de adaptação ao meio. Os resultados mostraram mais similaridades do que diferenças no lixiviado gerados da disposição de RSD, RSS e sua codisposição durante um período de 60 dias de operação das células experimentais.

PALAVRAS-CHAVE: Codisposição, Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde, Resíduos Sólidos Domiciliares, Parâmetros Físico-Químicos e Toxicológicos.

INTRODUÇÃO

A preocupação com os problemas ambientais relacionados aos resíduos sólidos e seu destino final tem gerado uma demanda crescente por ações que contemplem a proteção à saúde humana, a preservação do meio ambiente e o controle da poluição.

No tocante aos resíduos de serviços de saúde, e em particular à fração potencialmente infectante desses resíduos (lixo biológico), as alternativas existentes atualmente para o tratamento mostram-se onerosas e de execução técnica complexa. Esse assunto tem gerado discussões polêmicas quanto aos riscos que esses resíduos

podem representar para a saúde pública e o meio ambiente, à necessidade ou não de seu tratamento diferenciado, às alternativas tecnológicas disponíveis e aos altos custos envolvidos.

Por força da legislação, por preconceitos da população e por interesses comerciais é cada vez maior a pressão no sentido da inativação desses resíduos por métodos tais como incineração, autoclavação e micro-ondas. Por outro lado, diversos pesquisadores apontam para inexistência de fatos, excetuando-se os perfuro cortantes, que comprovem sua maior periculosidade em relação aos resíduos domiciliares.

Em função disso e da realidade sanitária e economicamente precária da grande maioria dos municípios brasileiros, diversos profissionais consideram desnecessária a inativação desses resíduos, geralmente realizada por processos dispendiosos, inapropriados e muitas vezes geradores de poluição. Outros recomendam a disposição conjunta de resíduos de serviços de saúde e de resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários.

No mundo inteiro, com algumas poucas exceções, os aterros representam a principal destinação dos resíduos sólidos urbanos, sendo o meio mais importante para se tratar resíduos sólidos de maneira adequada (MONTEIRO et al., 2006). As alternativas propostas em substituição aos aterros sanitários já, há muitos anos, vêm sendo estudadas e discutidas, mas até hoje não se encontrou opção que apresentasse melhor relação custo/benefício.

O presente trabalho tem como proposta efetuar a caracterização físico-química e toxicológica de lixiviados de resíduos de serviços de saúde (RSS) e de resíduos sólidos domiciliares (RSD) codispostos em célula de aterros sanitários, visando à obtenção de subsídios para a discussão da necessidade ou não de tratamento e disposição final diferenciados para resíduos de serviços de saúde.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram montadas três células (Figura 1), dispostas lado a lado, separadas por uma distância de 2,0m, numa área total de 200m² (100 m² de área plana e 100 m² de talude). Cada célula apresenta 6,0 m na base maior, 4,5 m na base menor, 5,0 m de altura e 6,0 de profundidade, totalizando um volume de 157,5 m³. O fundo e as laterais das células são impermeabilizados com argila e manta (PEAD, 1mm/BIDIM). Os lixiviados foram captados por meio de valas de drenagem conectadas a um poço de visita, onde são coletas as amostras. As valas de drenagem do lixiviado têm os seus interiores completos com brita, que são revestidas por BIDIM 400. Após preenchimento com os resíduos, as células foram cobertas por uma camada de argila compactada de aproximadamente 60cm. Esses procedimentos tiveram por meta reproduzir as condições de funcionamento de um aterro no que tange à disposição dos resíduos sólidos.



(a)



(b)

Figura 1 – (a) Construção inicial das células. (b) Panorâmica após finalização com PEAD

As células são identificadas de C1 a C3, as diferentes concentrações de RSD e RSS dispostos em cada célula estão apresentadas na Tabela 1, com destaque para a célula C3, a qual apresenta o percentual real de RSS em relação à quantidade de RSD produzido na cidade do Rio de Janeiro.

Tabela 1. Percentual em peso de RSD e RSS por célula.

Célula	RSD(%)	RSS(%)
C1	100	0
C2	0	100
C3	98	2

As coletas de lixiviado foram realizadas quinzenalmente, sendo a primeira, aos 15 dias do início do trabalho. As condições climáticas do período (temperatura, índice pluviométrico e umidade relativa do ar) orientaram as coletas e serviram de base para análise dos resultados. As amostras, depois de coletadas, são preservadas pelo acondicionamento à temperatura abaixo de 4°C para posterior realização dos ensaios de caracterização físico-química e ecotoxicidade.

Os parâmetros físico-químicos analisados foram: pH, turbidez, alcalinidade total, cor, condutividade, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅), Carbono Orgânico dissolvido (COD), cloreto, sulfato, nitrogênio amoniacal, metais (Ferro, cromo, cádmio, chumbo, zinco, cobre, níquel e sódio) e sólidos totais dissolvidos e suspensos. As análises serão realizadas de acordo com metodologia descrita em AWWA (APHA, 2005).

RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO LIXIVIADO DA CÉLULA C1

As características físicas, químicas e biológicas dos lixiviados dependem do tipo de resíduo aterrado, do grau de decomposição, do clima, da estação do ano, da idade do aterro, da profundidade do resíduo aterrado, do tipo de operação do aterro, entre outros fatores. Logo se pode afirmar que a composição dos lixiviados pode variar consideravelmente de um local para outro, como também em um mesmo local e entre épocas do ano (REINHART; GROSH, 1998).

Os resultados dos parâmetros físico-químicos avaliados estão para a célula C1 estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Caracterização físico-química da Célula C1

TEMPO DE OPERAÇÃO PARÂMETROS	15 DIAS	19 DIAS	33 DIAS	47 DIAS	64 DIAS	78 DIAS	87 DIAS	108 DIAS	122 DIAS	141 DIAS	150 DIAS	180 DIAS
pH	7,2	7,27	6,99	7,72	6,73	6,53	6,68	5,8	6,38	6,1	6,8	6,6
Turbidez (UNT)	137	38	435	402	476	458	776	268	147	129	28	110
Condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	2430	1418	1446	2190	2530	2370	1448	1124	2660	2550	1408	3560
COD (mg L^{-1})	61,55	42,34	31,27	7,59	39,99	40,34	35,8	58,32	-	74,34	-	-
Dureza ($\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$)	484,80	242,40	464,60	525,20	707,00	626,2	646,4	639,7	673,3	740,7	-	-
Alcalinidade ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$)	911	677	340,6	289	443,8	206,4	371,5	480,2	619,2	563,8	795	646
DQO bruta (mg L^{-1})	75	91	92	90	182	137	175	217	305	306	229	223
DQO filtrada (mg L^{-1})	72	88	84	84	162	132	143	116	211	204	-	204
Fósforo Total (mg P L^{-1})	0,117	0,024	0,03	0,054	0,046	0,073	0,027	-	-	-	0,35	0,17
DBO₅ (mg L^{-1})	34	15	16	3	46	18	24	-	-	-	-	-
NTK (mg N L^{-1})	139	127	64	77	63	28	43	47	58	-	70	-
Nitrogênio Amoniacal ($\text{mg N-NH}_3 \text{ L}^{-1}$)	130	101	58	61	51	26	38	43	41	44	63	64
SST (mg L^{-1})	37	50	53	23	123	113	126	214	194	140	53	88
SDT (mg L^{-1})	1033	1087	1207	1430	1667	1747	1944	1914	2240	2200	2207	2322
ST (mg L^{-1})	1137	1220	1260	1453	1790	1860	2070	2128	2434	2340	2260	2410
Cloreto (mg L^{-1})	286	345	468	537	764	779	769	641	808	739	808	798
Sulfato (mg L^{-1})	9,6	6,7	7	47,6	169,2	192,3	646,4	14,6	64,6	23,1	18,3	-
Cor aparente (UC)	865	805	900	409	1410	428	113	66	147	1030	68	83
Cor verdadeira (UC)	181	103	53	34	75	51	22	40	179	144	59	65

Avaliando os resultados obtidos para a célula C1 percebemos que o valor de pH está sempre próximo do valor da variação normalmente observada em outros aterros. Este valor de pH aproxima-se do valor típico de aterros mais jovens

Nesse período de monitoramento, o pH variou na faixa de 6,1 a 7,7. Nos processos de degradação que se sucedem em um aterro, o pH pode ser entendido como o retrato da decomposição biológica da matéria orgânica, uma vez que o desenvolvimento dos micro-organismos está diretamente relacionado às faixas de pH. De acordo com Tchobanoglous e Kreith (2002), os ácidos voláteis são excelentes indicadores do grau de degradabilidade e dos processos anaeróbios, pois são gerados na fase acidogênica e consumidos na fase metanogênica.

A amônia inicialmente obteve valor de $130 \text{ mg N-NH}_3 \text{ L}^{-1}$ (15 dias), mas com o aumento da pluviosidade, a partir do mês de setembro, o seu valor diminuiu constantemente até chegar a um constante processo de diminuição de seus valores até alcançar o valor de $64 \text{ mg N-NH}_3 \text{ L}^{-1}$ (180 dias). O aumento na degradação dos resíduos pode ser observado pelo aumento da concentração de cloreto ao longo do monitoramento.

No lixiviado, as partículas sólidas presentes são constituídas não só por frações de matéria orgânica, como por partículas de materiais inertes não dissolvidos e carregados pelo percolado, que influenciam na entrada de luz e diminui o valor de saturação do oxigênio dissolvido (JORDÃO e PESSOA, 2005). Os primeiros resultados obtidos da análise do lixiviado da célula C1 para Sólidos Totais e Sólidos Suspensos Totais se mostraram elevados. A salinidade, inferida do parâmetro dos SDT, também se apresentou elevada.

A relação DBO_5/DQO tem sido usada como indicador do nível de degradação biológica do lixiviado (AMARAL, 2007). A idade do aterro também varia a relação DBO_5/DQO , e permite estabelecer correlações com o estado de degradação dos percolados (FERNANDEZ-VIÑA, 2000). Para aterros jovens, os valores da relação DBO_5/DQO variam entre 0,5 e 0,8, pois uma fração considerável corresponde a ácidos graxos voláteis. Para aterros antigos, esses valores caem para a variação de 0,04 a 0,08, pois a maior parte dos compostos biodegradáveis já foi degradada.

Para o lixiviado da célula C1, o valor da relação DBO_5/DQO pode ser atribuído ao período de aclimação da atividade microbiana, que ocorre assim que os resíduos são aterrados, acrescentando ainda que os valores de ambos os parâmetros ainda apresentam-se baixos.

TOXIDADE COM LIXIVIADO UTILIZANDO DANIO RERIO DA CÉLULA C1

A Tabela 3 apresenta os resultados das Concentrações letais das amostras utilizadas para os ensaios de toxicidade dias de operação.

Tabela 3 – Valores de CL50 das amostras da Célula C1 obtidas nos ensaios de toxicidade com *Danio rerio*

Tempo de operação	CL50 (%)
15 dias	70,72
47 dias	70,71
78 dias	Não tóxico
108 dias	43,52
206 dias	53,58
234 dias	35,36
CL50: Concentração letal para 50% dos organismos.	

Verifica-se que a toxicidade aumenta com o passar do tempo, tendo a CL50 na primeira medida apresentado valor de 70,72% e em sua última amostragem 35,36%. Mostrando o aumento da toxicidade do líquido obtido ao longo do tempo.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO LIXIVIADO DA CÉLULA C2

Os resultados dos parâmetros físico-químicos avaliados da Célula C2 estão demonstrados na Tabela 4.

Tabela 4 - Parâmetros físico-químicos da Célula C2

Parâmetros \ Tempo de operação	15 dias	36 dias	50 dias	69 dias	76 dias	104 dias
pH	6,96	6,97	6,18	5,59	7,0	6,8
Turbidez (UNT)	234	178	104	96	37	136
Condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	1923	1412	2600	2260	1280	3600
COD (mg L^{-1})	555,5	123	140,4	104	-	-
Dureza ($\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$)	828,20	673,30	606,00	538,70	471	-
Alcalinidade Total ($\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$)	1548	1315,4	1391,6	1127,5	1229,6	1341
DQO bruta (mg L^{-1})	1106	501	544	551	185	204
DQO filtrada (mg L^{-1})	1092	305	283	271	-	192
Fósforo Total (mg P L^{-1})	0,071	-	-	-	0,30	0,21
DBO ₅ (mg L^{-1})	721,2	-	-	-	-	-
NTK (mg N L^{-1})	197	415	173	-	356,6	-
Nitrogênio Amoniacal ($\text{mg N-NH}_3 \text{ L}^{-1}$)	197	139	168	160,8	160,7	64
SST (mg L^{-1})	214	174	94	142	137	88
SDT (mg L^{-1})	2484	1804	1572	1232	1543	1600
ST (mg L^{-1})	214	174	94	142	1580	2410
Cloreto (mg L^{-1})	721	493	20	246	3745	493
Sulfato (mg L^{-1})	29,8	20	17,3	17,7	39,4	-
Cor aparente (UC)	1590	820	2100	1470	110	83
Cor verdadeira (UC)	266	346	800	860	71	65

Da mesma forma que os resultados da célula C1, o pH mostrou-se próximo à neutralidade, com alguns valores tendendo para acidez, para a célula C2.

O valor da DQO bruta inicial apresenta-se alta ($1106 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$) e caiu ao longo do monitoramento, até alcançar o valor de 192 mg L^{-1} . A mesma tendência de decréscimo foi apresentada para o COD. Infere-se que a decomposição inicial das vísceras, órgãos e etc tenha sido rápida, fazendo com que os resultados iniciais de matéria orgânica fossem mais elevados.

O nitrogênio amoniacal manteve-se em uma faixa mais elevada em relação aos valores de C1, provavelmente devido a maior quantidade de material nitrogenado presente nos resíduos hospitalares(RSS).

O cloreto apresenta valores iniciais mais elevados devido a decomposição da matéria orgânica mais rapidamente e com o aumento da pluviosidade nos meses de dezembro de 2010 e janeiro de 2011, tendem a se manter em valores menores.

A razão de 0,7 dos valores DBO₅ e DQO encontrados na amostra de 15 dias sugere que o lixiviado apresenta característica de aterro jovem. No entanto, no caso do lixiviado da célula C2, o valor da relação DBO₅/DQO pode ser atribuído ao período de aclimação da atividade microbiana, que ocorre assim que os resíduos são aterrados.

TOXIDADE COM LIXIVIADO UTILIZANDO DANIO RERIO DA CÉLULA C2

A Tabela 4 apresenta os resultados das concentrações letais das amostras em diferentes dias de operação

Tabela 4 – Valores de CL50 das amostras da Célula C2 obtidas nos ensaios de toxicidade com *Danio rerio*

Tempo de operação	CL50 (%)
58 dias	21,76
76 dias	17,68
104 dias	20,31
CL50: Concentração letal para 50% dos organismos.	

Percebe-se que esse lixiviado, durante o período de monitoramento de 104 dias, apresentou-se mais tóxico que o lixiviado obtido com o resíduo domiciliar.

Características físico-químicas do lixiviado da Célula C3

Os resultados dos parâmetros físico-químicos avaliados da Célula C3 estão demonstrados na Tabela 5.

Tabela 5 – Parâmetros físico-químicos da Célula C3

Tempo de operação Parâmetros	15 dias	27 dias	41 dias	60 dias	69 DIAS	99 DIAS
pH	7,47	7,37	7,51	7,01	7,3	7,3
Turbidez (UNT)	388	64	245	41	20,1	33
Condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	5760	6620	5640	4660	342	9500
COD (mg L^{-1})	594,8	249	245	240	-	-
Dureza ($\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$)	1414	842	976	741	808	
Alcalinidade Total ($\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$)	4396	2276	2374	2939		2695
DQO bruta (mg L^{-1})	1122	958	824	830	820	820
DQO filtrada (mg L^{-1})	1067	680	635	635	-	765
Fósforo Total (mg P L^{-1})	-	-	-		0,36	1,20
DBO ₅ (mg L^{-1})	139	-	-	-	-	-
NTK (mg NL^{-1})	740	415	306	-	450,2	-
Nitrogênio Amoniacal ($\text{mg N-NH}_3 \text{ L}^{-1}$)	665	398	289	-	439,5	466
SST (mg L^{-1})	220	190	96	90	140	56
SDT (mg L^{-1})	6354	4078	3804	3474	4020	4738
ST (mg L^{-1})	6574	4268	3900	3564	4160	4794
Cloreto (mg L^{-1})	2070	1429	1100	1059	1518	1784
Sulfato (mg L^{-1})	107,6	41,5	23,8	55,4	215,5	-
Cor aparente (UC)	5600	2060	1480	1820	1540	860
Cor verdadeira (UC)	4200	1120	1030	1220	730	640

O pH se apresentou ligeiramente mais alcalino do que nas demais células. A DQO bruta e o COD a partir da segunda amostragem mantiveram-se em valores constantes, indicando a aclimação dos micro-organismos ao meio.

A amônia inicialmente obteve valor de 958 $\text{mg N-NH}_3 \text{ L}^{-1}$ (27 dias), mas com o aumento da pluviosidade e temperatura (que potencializa o seu arraste para o ar) no mês de dezembro sofreu uma pequena diminuição em seus valores, 820 $\text{mg N-NH}_3 \text{ L}^{-1}$ na última amostragem realizada.

A razão de 0,11 dos valores DBO₅ e DQO encontrados na amostra de 15 dias sugere que o lixiviado apresenta característica de aterro de aterro próximo à estabilização, porém pode estar relacionado à aclimação dos micro-organismos decompositores dos resíduos aterrados.

Com a chegada do verão, com elevadas temperaturas, os valores de alguns parâmetros analisados tenderam a aumentar devido ao aumento da atividade microbológica, enquanto outros tenderam a diminuir, devido o seu arraste para o ar.

TOXIDADE COM LIXIVIADO UTILIZANDO DANIO RERIO DA CÉLULA C3

A Tabela 6 apresenta os resultados das Concentrações letais das amostras em diferentes tempos de operação.

Tabela 6 – Valores de CL50 das amostras da Célula C3 obtidas nos ensaios de toxicidade com *Danio rerio*

Tempo de operação	CL50(%)
15 dias	4,42
27 dias	16,7
125 dias	8,84
153 dias	9,47
CL50: Concentração letal para 50% dos organismos.	

O lixiviado apresentou-se mais tóxico que os demais lixiviados das células C1 e C2.

Metais

A Tabela 7 mostra os resultados obtidos através da análise de metais pesados. A coluna à direita exibe os padrões de lançamento de efluentes segundo a Norma Técnica NT-202, R-10 do Instituto Estadual do Ambiente (INEA). Ainda, de acordo com Kjeldsen et al. (2002), as concentrações de metais como o Fe, Mn, Zn, Cu, Pb e Cd podem ser elevadas em aterros jovens devido ao ambiente ácido que permite a solubilização dos íons metálicos.

Tabela 5 – Concentração de metais pesados no lixiviado das células C1, C2 e C3 de acordo com a idade

Tempo de operação Parâmetros	15 dias	47 dias	81 dias	122 dias	150 dias	164 dias	206 dias	36 dias	50 dias				27 dias	41 dias				NT 202 – R10 INEA
	C1							C2					C3					
Níquel Total (mg L ⁻¹)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Máximo 1,0
Chumbo Total (mg L ⁻¹)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Máximo 0,5
Zinco Total (mg L ⁻¹)	0,20	0,10	0,20	0,10	0,60	0,20	0,10	0,30	0,40	3,40	0,20	0,10	0,20	0,10	1,50	0,10	0,10	Máximo 1,0
Cobre Total (mg L ⁻¹)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Máximo 0,5
Ferro Total (mg L ⁻¹)	35,00	11,30	28,00	13,90	18,00	18,00	10,00	22,00	11,80	18,00	14,90	10,00	66,00	32,00	4,50	2,80	2,80	-
Cádmio Total (mg L ⁻¹)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Máximo 0,1
Cromo Total (mg L ⁻¹)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Máximo 0,5
Sódio Total (mg L ⁻¹)	127,50	136,00	127,00	107,00	172	214,00	200,00	162,00	122,00	141,00	153,00	200,00	408,00	129,00	420,00	231,00	408,00	-

Os dados reportados na literatura sugerem que há uma grande variação nas concentrações de metais pesados de diferentes aterros. Entretanto, essas concentrações são geralmente baixas. Isso foi demonstrado em diversos estudos, nos quais os pesquisadores detectaram as concentrações de metais pesados em grandes aterros, em células experimentais e em ensaios laboratoriais. A concentração de metais pesados é baixa durante a fase metanogênica estável e a liberação para o meio não é considerada problemática. Nesta fase o pH permanece em torno da faixa de neutralidade, o que não favorece a sua dissolução no meio.

Todas as células se apresentaram com valores dentro das exigências do órgão ambiental no período de estudo.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos ilustram uma biodegradabilidade não tão elevada dos lixiviados das células C1, C2 e C3. Tal fato pode estar relacionado à fase de aclimação dos micro-organismos presentes nos resíduos, ou seja, necessita-se de um período mais dilatado de tempo para a obtenção de resultados mais significativos. Os parâmetros físico-químicos analisados indicam que os microrganismos encontram-se ainda na fase de adaptação ao meio.

A concentração de metais pesados encontrados foi baixa devido a que durante fase a metanogênica estável suas concentrações são normalmente baixas. Nesta fase o pH permanece em torno da faixa de neutralidade, o que não favorece a sua dissolução no meio.

As amostras das células C1 e C3 apresentaram aumento da toxicidade durante o período de monitoramento.s. A toxicidade do lixiviado da célula C2, em 104 dias de operação, tendeu a manter-se em valores constantes

Os dados apresentados são ainda insuficientes para conclusões mais precisas. Necessário se faz a continuidade dos estudos e análises para avaliação mais completa e ampla do processo de codisposição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMARAL, M. C. S. Caracterização de lixiviados empregando parâmetros coletivos e identificação de compostos. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007, 207 p.
2. APHA, AWWA, WPCF, Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 21th Ed., 2005.
3. JORDÃO, E. P., PESSOA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 4a ed, Editora: SEGRAC, Rio de Janeiro, 2005, 905p.
4. REINHARD, D.R., GROSH Analysis Florida MSW landfill leachate quality University of Central Florida, 1998.
5. FERNANDEZ-VIÑA, M. B. D. Vertedores Controlados de Resíduos Sólidos Urbanos: uma Perspectiva Internacional. In: Lins, E.A.M. A utilização da capacidade de campo na estimativa do percolado gerado no aterro da muribeca. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2000.
6. MONTEIRO, V. E. D., MELO, M. C.; ALCÂNTARA, P. B.; ARAÚJO, J. M.; ALVES, I. R. F. S.; JUCÁ, J. F. T. Behavior study of municipal solid waste in a experimental cell and its correlations with microbiological, physical and chemical aspects. Rev. Eng. Sanit. Ambient. v. 2, n.3, p.223-230, 2006
7. TCHOBANOGLOUS, G. E KREITH. F. Handbook of Solid Waste Management. McGraw-Hill Professional, 2002.