



II-386 - CARACTERÍSTICAS DO LIXIVIADO GERADO NO ATERRO SANITÁRIO DE PARANAVÁI

Lucila Akiko Nagashima⁽¹⁾

Mestre e doutora em Engenharia Química – Desenvolvimento de Processos – Universidade Estadual de Maringá (PR). Docente da Faculdade Estadual de Educação, Ciências e Letras de Paranaíba (FAFIPA – PR).

Carlos de Barros Júnior

Doutor em Engenharia Química – Desenvolvimento de Processos – Universidade Estadual de Maringá (PR). Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química – Universidade Estadual de Maringá (PR).

Ana Lúcia Pereira de Araújo

Mestre e doutora em Engenharia Química – Desenvolvimento de Processos – Universidade Estadual de Maringá (PR).

Cynthia Algayer da Silva

Graduada em Engenharia Química – Universidade Estadual de Maringá (PR).

Amanda Shizuka Fujimura

Acadêmica do curso de Engenharia Química e bolsista do PIBIC (Fundação Araucária).

Endereço⁽¹⁾: Avenida Lázaro F. Vieira, 533. Jardim Progresso – Paranaíba - Estado do Paraná. CEP: 87701-240. Brasil. Telefone: (0xx)44-3422-4946. E-mail: lucilanagashima@uol.com.br

RESUMO

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, considerando que a Constituição Federal e a Lei nº. 6938, de 31 de agosto de 1981, visam controlar o lançamento de poluentes no meio ambiente, proibindo o lançamento em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida, estabeleceu através da Resolução 357/2005 e 397/2008 as condições e padrões de lançamentos de efluentes. O presente trabalho tem por finalidade determinar as características do lixiviado gerado no aterro sanitário de Paranaíba (PR), cujas amostras foram coletadas mensalmente entre os meses de setembro de 2006 a julho de 2007. Para tal, foram efetuadas análises físico-químicas e biológicas com a determinação dos seguintes parâmetros: alcalinidade, cor, DBO₅, DQO, P-total, série de nitrogênio, oxigênio dissolvido, pH, sulfeto, sólidos totais, temperatura, turbidez e *Escherichia coli*. As análises foram efetuadas no Laboratório de Controle de Poluição Ambiental – Departamento de Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá de acordo com as orientações de *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998). A análise de correlação Spearman (ρ) foi efetuada para determinar associações positivas e negativas, entre os parâmetros determinados. Os resultados mostraram que o lixiviado é essencialmente alcalino, de cor intensa, variando em função de precipitação pluviométrica e baixo teor de matéria orgânica biodegradável, indicada pela relação DBO₅/DQO inferior a 0,30, indicando que somente o tratamento biológico se torna deficiente em virtude da recalcitrância do lixiviado.

PALAVRAS-CHAVE: lixiviado, caracterização, aterro sanitário, características físico-químicas, *Escherichia coli*.

INTRODUÇÃO

O crescimento da população em áreas urbanas e o aumento do consumo de produtos industrializados têm acarretado a geração cada vez maior de resíduos sólidos, que na maioria das vezes são destinados a aterros sanitários, cuja forma de disposição é amplamente aceita e cada vez mais utilizada nas últimas décadas (EL FADEL *et al.*, 2002; CHRISTENSEN *et al.*, 2001). Nos aterros sanitários são gerados contaminantes, como o lixiviado (chorume) que representa um problema ambiental devido ao seu alto potencial de contaminação. A percolação do lixiviado pode provocar a poluição das águas superficiais, sendo que uma das primeiras alterações observadas é a redução do teor de oxigênio dissolvido e, conseqüentemente, alteração da fauna e flora aquática (MORAIS, 2005).

A composição química do lixiviado apresenta grande variabilidade, uma vez que, além de depender da natureza dos resíduos depositados, da forma de disposição, manejo e da idade do aterro, é extremamente influenciada por fatores climáticos, dentre os quais pode-se destacar a quantidade de chuva e a temperatura



(IM *et al.*, 2001; KJELDSEN *et al.*, 2002; EL FADEL *et al.*, 2002; MORAIS, 2005). De uma forma geral, o lixiviado pode ser considerado como uma matriz de extrema complexidade, apresentando em sua composição elevados teores de compostos orgânicos e inorgânicos, nas formas dissolvida e coloidal (CHRISTENSEN *et al.*, 2001; EL FADEL *et al.*, 2002; MORAIS, 2005).

De uma maneira geral, o lixiviado é composto de cinco frações principais, cujos componentes foram descritos por CHRISTENSEN *et al.*, (2001) e detalhados na Tabela 1.

Tabela 1. Frações componentes do chorume

Principais frações	Componentes
Matéria orgânica dissolvida	Expressa como Demanda Química de Oxigênio (DQO) ou Carbono Orgânico Total (COT), inclui metano (CH_4), ácidos graxos voláteis, principalmente na fase ácida, e muitos compostos recalcitrantes, como por exemplo, compostos húmicos e fúlvicos.
Macro-componentes inorgânicos	Metais como cálcio (Ca), sódio (Na), magnésio (Mg), potássio (K), ferro (Fe) e vários íons como: amônio (NH_4^+), cloretos (Cl^-), sulfatos (SO_4^{2-}), sulfetos (S^{2-}), carbonatos (CO_3^{2-}). Presença de metais pesados: cádmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), chumbo (Pb), níquel (Ni) e zinco (Zn).
Compostos orgânicos xenobióticos	Incluem uma variedade de hidrocarbonetos halogenados, compostos fenólicos, álcoois, aldeídos, cetonas e ácidos carboxílicos, além de outras substâncias tóxicas.
Compostos encontrados em menor proporção	Metais como bário (Ba), cobalto (Co), lítio (Li) e mercúrio (Hg) e semi-metais: boro (B) e arsênio (As) e não metal selênio (Se).
Bactérias	Acetogênicas, metanogênicas, desnitrificantes e coliformes.

Fonte: CHRISTENSEN *et al.*, 2001; MORAIS, 2005.

A identificação de compostos orgânicos no lixiviado é uma preocupação que vem motivando a pesquisa científica em nível mundial (NASCIMENTO FILHO *et al.*, 2001; BAUN *et al.*, 2004). Inúmeros compostos orgânicos, tais como ftalatos, hidrocarbonetos policíclicos e aromáticos, fenóis e compostos nitrogenados têm sido detectados, tanto em resíduos sólidos municipais como no material lixiviado de aterro sanitário (MORAIS, 2005). Muitos desses compostos orgânicos são originados dos produtos de usos diários, no entanto, é difícil assegurar que o composto orgânico encontrado no lixiviado é proveniente de materiais originalmente aterrados ou originários do processo de degradação (BAUN *et al.*, 2004).

Segundo MIRANDA NETO (2002), a concentração dos metais é variável, presentes tanto na forma dissolvida como em suspensão e sua toxicidade é uma propriedade relacionada às espécies químicas e suas interações com fatores ambientais (acidificação, ambiente oxidante ou redutor, presença de argilominerais, matéria orgânica). No lixiviado há presença de bactérias, cujos indicadores microbiológicos mais aceitos vêm das bactérias do grupo coliforme, pois procurar seres patogênicos “individualmente no chorume é muito complexo, e os exames bacteriológicos com esta finalidade são complicados e onerosos” (ROCHA, 1994). Os coliformes compreendem todos os bacilos gram-positivos, não formadores de esporos, aeróbios ou anaeróbios facultativos. Fazem parte deles, gêneros e espécies indicativas de poluição por fezes, embora possam ser também provenientes do solo e de determinados vegetais (ROCHA, 1994; BOOTHE *et al.*, 2001).

Devido à considerável complexidade do lixiviado, sua composição global é mais frequentemente determinada graças às análises físico-químicas e biológicas, destacando os parâmetros: pH, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5), Nitrogênio Amoniacal (N-NH_3), Nitrogênio Kjeldhal Total (N-NKT), alcalinidade e metais pesados (BAUN *et al.*, 2004; KJELDSEN *et al.*, 2002; SLETTEN *et al.*, 1995 apud MORAIS, 2005).

Assim sendo, o objetivo do trabalho é avaliar a qualidade do lixiviado gerado no aterro sanitário de Paranavai (Estado do Paraná) por meio de medições de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, bem como descrever as correlações entre as amostras considerando o conjunto total de variáveis.



MATERIAL E MÉTODOS

A caracterização do lixiviado foi efetuada por meio das determinações dos parâmetros: alcalinidade, cor, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅), Demanda Química de Oxigênio (DQO), fósforo total, oxigênio dissolvido (OD), série de nitrogênio, pH, sulfeto (S²⁻), sólidos totais (volátil e fixo), temperatura, turbidez e *Escherichia coli*. As amostras de lixiviado bruto foram coletadas mensalmente (matutino) no aterro sanitário de Paranavaí, no período de setembro/2006 a julho/2007, refrigeradas a 4°C e analisadas no Laboratório de Controle de Poluição Ambiental da Universidade Estadual de Maringá, Maringá (Paraná). Em campo foram determinados os valores de pH e temperatura das amostras e do ambiente e oxigênio dissolvido, as demais análises laboratoriais foram preparadas de acordo com a metodologia adotada, acidificando-as com HNO₃ ou H₂SO₄ e efetuando a filtração das amostras quando necessárias.

Para os parâmetros microbiológicos, as amostras foram coletadas em frascos Schott previamente esterilizados. A contagem de *Escherichia coli* (*E. coli*) foi efetuada em placa de Petrifilm (EC), segundo a metodologia do Comitê Nórdico de Análise de Alimentos (NMKL) (146.1993) a uma temperatura de 36 – 37°C, com período de incubação de 48±2h. Todos os parâmetros foram determinados de acordo com as recomendações de *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* – APHA (1998), cujos parâmetros pesquisados estão representados na Tabela 1.

Tabela 1. Metodologia empregada na determinação dos parâmetros

Parâmetros	unidade	Metodologia de análise
Alcalinidade	mg/L CaCO ₃	Titulação potenciométrica
Cor aparente	mg/L Pt	Espectrofotométrico
Cor verdadeira	mg/L Pt	Espectrofotométrico
DBO ₅ (Demanda Bioquímica de oxigênio)	mg/L O ₂	Eletrométrico com membrana
DQO (Demanda Química de oxigênio)	mg/L O ₂	Espectrofotométrico
P-total	mg/L	Espectrofotométrico
NKT	mg/L	Espectrofotométrico
N-NH ₃	mg/L	Titulométrico
N-orgânico	mg/L	Titulométrico
N-NO ₃ ⁻	mg/L	Espectrofotométrico
N-NO ₂ ⁻	mg/L	Espectrofotométrico
OD (oxigênio dissolvido)	mg/L O ₂	Eletrométrico com membrana
pH	-	Eletrométrico
S ²⁻	mg/L	Espectrofotométrico
Sólido total (ST)	mg/L	Gravimétrico
STV (sólido total volátil)	mg/L	Gravimétrico
STF (sólido total fixo)	mg/L	Gravimétrico
Temperatura lixiviado	°C	Termômetro de Hg
Turbidez	UNT	Espectrofotométrico

A análise de correlação de Spearman (ρ) foi efetuada para determinar associações positivas e negativas, entre os parâmetros físico-químicos e biológicos determinados, através do programa Statistic Agar 40 (Statistic versão 7.1), atribuindo a seguinte descrição para a faixa de associação para os valores significativos, ao nível de significância de 5%.

Fraca: $\pm 0,51$ a $\pm 0,71$

Moderada: $\pm 0,72$ a $\pm 0,81$

Boa: $\pm 0,82$ a $\pm 0,91$

Ótima: $\pm 0,92$ a 1,00

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 resume a variação dos parâmetros avaliados, bem como os valores médios e o desvio padrão. A Tabela 3 apresenta as correlações entre os parâmetros pesquisados.

Durante o período do monitoramento constatou-se que a temperatura do lixiviado variou de 22,2° C a 31°C, sendo 27,42° C o seu valor médio. Este parâmetro desempenha um papel principal de controle no meio



aquático, condicionando as influências à uma série de parâmetros físico-químicos e de acordo com CAPELO NETO & MOTA (1999), a variação da temperatura na faixa de 26 a 30°C é favorável aos processos anaeróbios. A baixa concentração do OD observada é uma decorrência do seu consumo na decomposição de compostos orgânicos, pois quanto maior a carga de matéria orgânica, mais elevado será o número de microrganismos decompositores, o que acarreta maior consumo de oxigênio (Tabela 2). Observou-se durante o período de monitoramento que às maiores temperaturas do lixiviado foram associados altos valores de OD ($\rho = 0,6243$) e menores concentrações de alcalinidade ($\rho = -0,6031$). Quando comparada com os dados da literatura (SOUTO & POVINELLI, 2007), a taxa de alcalinidade pode ser considerada alta, favorecendo assim o aparecimento de pH elevado e alcalino, cujos valores variaram de 7,3 a 8,7. Segundo PESSIN *et al.* (2002) os valores de pH nessa faixa indicam uma forte tendência ao tamponamento do sistema, cujos principais responsáveis podem ser os equilíbrios carbonato/bicarbonato e amônia/ion amônio, os quais contribuem significativamente para a manutenção de uma elevada alcalinidade. Este tamponamento é benéfico ao desenvolvimento dos microrganismos, devido à intensa produção de gases, principalmente o metano. Já segundo CLEMENT (1995) apud BORGES (2006), o pH e a alcalinidade são parâmetros que devem ser controlados rigorosamente quando o lixiviado é lançado no corpo receptor, para evitar a formação de condições favoráveis para o aparecimento de amônia na forma tóxica.

Tabela 2. Variação dos parâmetros analisados

Parâmetros	Variação máxima	Variação mínima	Média	Desvio padrão
Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	12600	5005	9228,68	2539,99
Cor aparente (mg/L Pt)	17450	3970	7057,28	1245,67
Cor verdadeira (mg/L Pt)	11450	237	5639,67	1034,98
DBO ₅ (mg/L O ₂)	1567	135	911,82	586,35
DQO (mg/L O ₂)	9622	2657	3877,19	2019,63
P-total (mg/L)	12,54	6,60	10,07	2,28
NKT (mg/L)	1095,49	560,15	875,58	188,93
N-NH ₃ (mg/L)	993,07	432,76	782,27	191,14
N-orgânico (mg/L)	145,21	44,63	86,86	31,03
N-NO ₃ ⁻ (mg/L)	52,95	32,64	40,60	6,27
N-NO ₂ ⁻ (mg/L)	50,65	31	38,94	10,96
OD (mg/L O ₂)	0,38	0,0	0,45	0,012
pH	8,7	7,30	8,17	0,416
S ⁻² (mg/L)	0,09	1,12	0,47	0,42
ST (mg/L)	48772	5012	12642,82	12274,16
STV (mg/L)	17844	140	4318,37	4902,90
STF (mg/L)	30298	3844	8267,54	7595,43
Temperatura lixiviado (°C)	31	22,2	27,42	2,63
Turbidez (UNT)	60	5	29,11	16,93
<i>Escherichia coli</i> (nº colônias/100 mL)	43000	7000	12000	14586,16

Durante o período do monitoramento constatou-se que a temperatura do lixiviado variou de 22,2° C a 31° C, sendo 27,42° C o seu valor médio. Este parâmetro desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências à uma série de parâmetros físico-químicos e de acordo com CAPELO NETO & MOTA (1999), a variação da temperatura na faixa de 26 a 30°C é favorável aos processos anaeróbios.

A baixa concentração do OD observada é uma decorrência do seu consumo na decomposição de compostos orgânicos, pois quanto maior a carga de matéria orgânica, mais elevado será o número de microrganismos decompositores, o que acarreta maior consumo de oxigênio (Tabela 2). Observou-se durante o período de monitoramento que às maiores temperaturas do lixiviado foram associados altos valores de OD ($\rho = 0,6243$) e menores concentrações de alcalinidade ($\rho = -0,6031$). Quando comparada com os dados da literatura (SOUTO & POVINELLI, 2007), a taxa de alcalinidade pode ser considerada alta, favorecendo assim o aparecimento de pH elevado e alcalino, cujos valores variaram de 7,3 a 8,7. Segundo PESSIN *et al.* (2002) os valores de pH nessa faixa indicam uma forte tendência ao tamponamento do sistema, cujos principais responsáveis podem ser os equilíbrios carbonato/bicarbonato e amônia/ion amônio, os quais contribuem significativamente para a manutenção de uma elevada alcalinidade. Este tamponamento é benéfico ao desenvolvimento dos microrganismos, devido à intensa produção de gases, principalmente o metano. Já



segundo CLEMENT (1995) apud BORGES (2006), o pH e a alcalinidade são parâmetros que devem ser controlados rigorosamente quando o lixiviado é lançado no corpo receptor, para evitar a formação de condições favoráveis para o aparecimento de amônia na forma tóxica.

A cor do lixiviado está associada ao grau de redução da intensidade que a luz sofre ao atravessá-lo e é ocasionada pela presença de sólidos, principalmente materiais em estado coloidal orgânico e inorgânico, o que é evidenciada pela correlação significativa com sólidos totais ($p = 0,7972$), sólidos totais fixos ($p = 0,7832$), DQO ($p = 0,7272$ e $p = 0,5804$) e DBO₅ ($p = 0,8181$ e $p = 0,6433$). Seus valores médios foram 7057,20 mg/L Pt e 5639,67 mg/L Pt para cor aparente e verdadeira, respectivamente. São valores relativamente altos quando comparados à pesquisa efetuada por BORGES (2006) para o lixiviado bruto gerado no aterro controlado da cidade de Maringá, cuja variação observada foi de 1283 a 5973 mg/L Pt (cor aparente) e 873 a 3250 mg/L Pt (cor verdadeira).

A DBO₅ e DQO são parâmetros indispensáveis nos estudos de caracterização de efluentes, uma vez que essas variáveis quando utilizadas conjuntamente são úteis para observar a biodegradabilidade de despejos. Como a DBO₅ determina-se apenas a fração biodegradável, quanto mais este valor se aproximar da DQO significa que mais facilmente biodegradável é o efluente. No caso do lixiviado analisado a relação DBO₅/DQO resultou em 0,235, o que evidencia que o teor de material orgânico biodegradável é reduzido, indicando que somente o tratamento biológico se torna deficiente em virtude da recalcitrância do lixiviado (LINS *et al.*, 2005). Como os microrganismos são os principais agentes dos processos de degradação e reciclagem de nutrientes, sua incapacidade de degradar ou transformar essas substâncias é o indício de sua recalcitrância ou resistência no meio ambiente. LINS *et al.* (2005) citando SILVA (2002) informam que as substâncias podem oferecer dificuldade à biodegradação em decorrência de diversos fatores:

1. estrutura química complexa desprovida de grupos funcionais que apresentam reatividade,
2. ação tóxica de compostos químicos sobre os microrganismos responsáveis pela degradação inativando metabolismo celular dessas espécies,
3. interações entre compostos químicos gerando produtos pouco acessíveis às enzimas extracelulares e a posterior biodegradação.

Em relação à série nitrogenada observa-se elevada taxa para o nitrogênio NKT (N-orgânico + N-amoniaco), chamada de forma reduzida do nitrogênio, que são as formas predominantes nos lixiviados dos aterros e nos esgotos domésticos. A elevada concentração do NKT é devido ao teor de nitrogênio amoniacal no efluente, daí a sua correlação positiva com NKT ($p = 0,9930$), cuja variação foi de 432,60 mg/L a 993,07 mg/L, valores mais elevados do que aqueles observados por BORGES (2006) cujo teor variou de 257 a 710 mg/L. A amônia é uma substância tóxica bastante restritiva à vida dos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5mg/L (CETESB, 2005). Assim, a concentração de N-amoniaco é importante parâmetro da água natural normalmente utilizado na constituição de índice de qualidade das águas e dos efluentes. O N-NO_3^- e N-NO_2^- constituem a forma oxidada do nitrogênio, e forma-se durante o processo de nitrificação onde a amônia é oxidada a nitrito e este a nitrato. Os valores de nitrato e nitrito variam, respectivamente de 32,64 a 52,95 mg/L e de 31,00 a 50,65 mg/L, valores mais elevados quando comparados ao trabalho do SOUTO & POVINELLI (2007).

A turbidez apresentou uma oscilação de 5,00 a 60,00 UNT e representa o grau de atenuação de intensidade de luz para atravessar um líquido. Apresenta correlação positiva com nitrito e negativa com outras formas de nitrogênio (nitrato, NKT e amoniacal), o que evidencia o comportamento não conservativo dessa forma de nitrogênio no efluente.

A presença de P-total no lixiviado pode ser associada à presença de resíduos ricos em proteínas, detergentes e fertilizantes que foram aterrados e o teor deste parâmetro variou entre 6,60 a 12,54 mg/L, mostrando uma correlação positiva com nitrito ($p = 0,6514$) e com pH ($p = 0,5489$), conforme a Tabela 3. Outros parâmetros pesquisados foram os sólidos voláteis e fixos, cuja variação observada na Tabela 2 foi: 140 a 17884 mg/L para STV e 3844 a 30298 mg/L para STF. Os sólidos voláteis representam uma estimativa da matéria orgânica nos sólidos e os sólidos fixos representam a fração inorgânica ou mineral. Pela Tabela 3 observa-se STF apresenta uma correlação positiva com cor aparente ($p = 0,7972$) e DBO₅ ($p = 0,6643$).

A *Escherichia coli* (EC) é uma bactéria indicadora de organismos originários do trato intestinal humano e outros animais, e a sua presença indica contaminação fecal. No efluente analisado observou-se uma variação de 7000 a 43000 número de colônias/100 mL e apresentou uma correlação positiva com os seguintes parâmetros:



cor aparente ($\rho = 0,7789$), cor real ($\rho = 0,6526$), DBO_5 ($\rho = 0,9654$), STF ($\rho = 0,5964$) e precipitação pluviométrica ($\rho = 0,8526$). Ainda pela Tabela 3 observa-se uma correlação positiva da precipitação pluviométrica com os parâmetros: cor aparente e real ($\rho = 0,6233$ e $\rho = 0,6923$), respectivamente e com DBO_5 ($\rho = 0,8251$).

CONCLUSÃO

Os parâmetros quantitativos determinados nos lixiviados do aterro sanitário de Paranavaí permitem que estes sejam caracterizados como efluente alcalino, de cor intensa, variando em função da precipitação pluviométrica evidenciada pela correlação positiva. Outra característica é a reduzida taxa de oxigênio dissolvido e baixo teor de material orgânico biodegradável, indicada pela relação DBO_5/DQO inferior a 0,25, evidenciando que apenas o tratamento biológico se torna deficiente em virtude da recalcitrância do lixiviado. Além disso, o lixiviado apresentou concentração elevada de nitrogênio amoniacal e de sólidos fixos representados por matérias minerais ou inorgânicos que apresentam correlação com DBO_5 . A temperatura do lixiviado e precipitações mensais são fatores – segundo demonstrados pelos coeficientes de Spearman – que exercem um papel fundamental, pois se correlacionam com vários parâmetros físicos-químicos e biológicos considerados neste estudo.



Tabela 3. Coeficiente de correlação entre os parâmetros analisados

	alcalinidade	Cor aparente	Cor real	DBO ₅	DQO	P-total	NKT	N-NH ₃	N-orgânico	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₂ ⁻	OD	pH	S ⁻²	ST	STV	STF	Temp. lix.	Turbidez	Prec. Pluviom.	EC
alcalinidade	1,0000																				
Cor aparente	0,2587	1,0000																			
Cor real	0,3286	0,6993	1,0000																		
DBO ₅	-0,0489	0,8181	0,6433	1,0000																	
DQO	0,2097	0,7272	0,5804	0,4825	1,0000																
P-total	-0,0839	0,3986	-0,0489	0,25174	0,1398	1,0000															
NKT	-0,1328	-0,0769	-0,1538	0,3566	0,1888	-0,3006	1,0000														
N-NH ₃	-0,1398	-0,0839	-0,1818	0,3286	0,2027	-0,3286	0,9930	1,0000													
N-orgânico	-0,1188	0,1538	-0,3216	-0,0699	0,0209	0,5104	-0,2517	-0,2727	1,0000												
N-NO ₃ ⁻	-0,1398	-0,0839	-0,1818	0,3286	0,2027	-0,3286	0,8930	1,0000	-0,2727	1,0000											
N-NO ₂ ⁻	0,1331	0,1821	0,0945	-0,0210	0,1891	0,6514	-0,5394	-0,5674	0,3993	-0,5674	1,0000										
OD	-0,3636	-0,1958	-0,0209	-0,0069	0,3566	0,1608	-0,1538	-0,1678	-0,2377	-0,1678	0,5288	1,0000									
pH	-0,1856	-0,0420	-0,2206	-0,0525	0,1821	0,5849	-0,1050	-0,1401	0,5569	-0,1401	0,3421	-0,2311	1,0000								
S ⁻²	-0,0630	-0,5218	-0,3957	-0,6514	0,1541	0,0350	-0,3082	-0,2942	-0,2031	-0,2942	0,1350	0,3817	-0,2070	1,0000							
ST	0,5314	0,7972	0,4265	0,6643	0,4335	0,4195	0,1258	0,1188	0,0979	0,1188	0,1541	-0,2377	-0,0945	-0,4553	1,0000						
STV	0,5314	0,4825	0,4195	0,4965	0,0139	0,0909	0,2657	0,2587	-0,0489	0,2587	0,2031	-0,0279	-0,1996	-0,5008	0,7762	1,0000					
STF	0,4545	0,7832	0,3356	0,6293	0,5664	0,4195	0,1398	0,1328	0,0979	0,1328	0,0770	-0,2727	-0,0875	-0,2662	0,8671	0,4335	1,0000				
Temp. lix.	-0,6031	0,0141	0,2292	0,2645	0,0705	0,1940	-0,1234	-0,1164	-0,4197	-0,1164	0,1590	0,6243	0,0565	0,0830	-0,2433	-0,2257	-0,2539	1,0000			
Turbidez	0,0245	0,0980	0,0280	-0,2626	0,0280	0,4308	-0,8266	-0,8336	0,5569	-0,8336	0,6859	0,1786	0,3385	0,0157	-0,0595	-0,0525	-0,2276	0,0318	1,0000		
Prec. Pluv.	-0,0209	0,6223	0,6923	0,8251	0,4335	0,2377	0,0909	0,0419	-0,3216	0,0419	0,1295	0,2867	0,0805	-0,4098	0,4475	0,2727	0,4685	0,5185	-0,1471	1,0000	
EC	-0,0210	0,7789	0,6526	0,9614	0,4385	0,1298	0,3122	0,3017	-0,2035	0,3017	0,0808	0,0070	0,1423	-0,6854	0,6280	0,4701	0,5964	0,3327	-0,2794	0,8526	1,0000

Os valores em negrito e sublinhado são estatisticamente significativos ($p < 0,05$)

Legenda: DBO₅ = Demanda Bioquímica de Oxigênio; DQO = Demanda Química de Oxigênio; P-total = fósforo total; NKT = nitrogênio Kjeldahl total; N-NH₃ = nitrogênio amoniacal; N-orgânico = nitrogênio orgânico; N-NO₃⁻ = nitrogênio nitrato; N-NO₂⁻ = nitrogênio nitrito; OD = oxigênio dissolvido; pH = potencial hidrogeniônico; S⁻² = sulfeto; ST = sólidos totais; STV = sólidos totais voláteis; STF = sólidos totais fixos; Temp. lix = temperatura do lixiviado; Prec. Pluv. = precipitação pluviométrica; Ec = *Escherichia. coli*.



AGRADECIMENTO

À Fundação Araucária pelo apoio financeiro para o desenvolvimento da presente pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. Standard Methods for the Examination of water and wastewater. 20th edition, Washington, 1998.
2. BAUN, A.; LEDIN, A.; REITZEL, L.A.; BJERG, P.L.; CHRISTENSEN, T.H. Xenobiotic organic compounds in leachates from the Danish MSW landfills: chemical analysis and toxicity testes. *Water Research*, v. 38, p. 3845-3858, 2004.
3. BOOTHE, D.D.H.; SMITH, M.C.; GATTIE, D.K.; DAS, K.C. Characterization of microbial populations in landfill leachate and bulk samples during aerobic bioreduction. *Advances in Environmental Research*, v.5, p. 285-294, 2001.
4. BORGES, M.E.E. Variação temporal do chorume e da água do Ribeirão Borba Gato na área de influência do aterro de resíduos sólidos urbanos de Maringá. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, 2006.
5. CETESB. Rios e Reservatórios. São Paulo: CETESB, 2006. Disponível em <www.ceteb.sp.gov.br/agua/rios/variaveis.asp#aluminio>. Acesso em: 23 nov.2006.
6. CHRISTENSEN, T.H.; BJERG, P.P.L.; JENSEN, D.L.; CHRISTENSEN, A.; BAUM, A.; ALBRECHTSEN, H.J.; HERON, G. Biochemistry of landfill leachate plumes. *Applied Geochemistry*, v. 16, p. 659-718, 2001.
7. EL FADEL, M.; DOUSEID, E.; CHAHINE, W.; ALAYLIC, B. Factors influencing solid waste generation and management. *Waste Management*, v. 22, p. 269-276, 2002.
8. IM, J. H.; WOO, H.J.; CHOI, M. W.; HAN, K.B.; KIM, C.W. Simultaneous organic and nitrogen removal from municipal landfill leachate using an anaerobic-aerobic system. *Water Research*, v. 35, p. 2403, 2001.
9. KJELDSEN, O.; BARLAZ, M.A.; ROOKER, A.P.; BAUN, A.; LEDIN, A.; CHRISTENSEN, T. Present and long-term composition of MSW landfill leachate: a review. *Environmental Science and Technology*, v. 32, n. 4, p. 297-336, 2002.
10. MIRANDA NETO, A. Investigação Geoambiental em áreas de mangue na Baía de Guanabara contaminada com resíduos industriais. 2002. Tese (doutorado em Engenharia Química), 273p. COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.
11. MORAIS, J.L. Estudo da potencialidade de processos oxidativos avançados, isolados e integrados com processos biológicos tradicionais, para tratamento de chorume de aterro sanitário. 2005. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
12. NASCIMENTO FILHO, I.; MÜHLEN, C.V.; CAMARÃO, E.B. Estudos de compostos orgânicos em lixiviados de aterros sanitários por EFS e CG/EM. *Química Nova*, v. 24, n. 4, p.554-556, 2001.
13. PESSIN, N.; DE CONTO, S.M.; PANAROTTO, C.T., BRUSTOLINI, I.; VELHO, J. R.; RIZZI, J.C.; FRANZOLOSSO, K.C. Monitoramento do processo de digestão anaeróbia dos resíduos sólidos dispostos em duas células piloto de aterramento. In: CASTILHOS JR. (Org.). Alternativas de disposição de Resíduos Sólidos Urbanos para pequenas comunidades. Florianópolis: PROSAB, 2002.
14. SOUTO, G.B.; POVINELLI, J. Características do lixiviado de aterros sanitários no Brasil. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24, 2007. Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: ABES, 2007. CD-ROM.