

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DE LAVAGEM DE ESTAÇÃO DE TRANSBORDO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS – ESTUDO DE CASO

Sérgio Luís da Silva Cotrim

Engenheiro do DEP/PMPA

R. Gen. Lima e Silva, 972

Telefone: +55 51 3289.22.00

CEP 90050-102 - Porto Alegre, RS - Brasil

e-mail: cotrim@dep.prefpoa.com.br

Fernanda Santos Pescador

Engenheira da SMAM/PMPA

R. Surupá, 76, sala 305

Telefone: +55 51 3289.75.00

CEP 91211-706 - Porto Alegre, RS - Brasil

e-mail: ferpesc@smam.prefpoa.com.br

Eduardo Fleck, Marcelo da Silva Hoffmann e Mariza Fernanda Power Reis

Engenheiros do DMLU/PMPA

Av. Azenha, 631, salas 44 e 69

Telefone: +55 51 3289.68.86 - Fax: +55 51 3289.69.99

CEP 90160-001 - Porto Alegre, RS - Brasil

e-mail: efleck@terra.com.br

RESUMO

A estação projetada para tratamento biológico de efluente de lavagem de pátio de acumulação de resíduos sólidos urbanos apresentou sensível eficiência no processo de estabilização de tal água residuária. A partir de sua utilização para o tratamento combinado com lixiviado gerado em uma unidade de compostagem sua eficiência incrementou-se sensivelmente, produzindo um efluente cujas demandas a tratar em sua última unidade – área de infiltração no solo – são apenas nitrogênio e fósforo.

ABSTRACT

The station projected for biological treatment of wastewater generated from urban solid waste accumulation patio washing presented sensitive efficiency on wastewater stabilization. Starting its application for combined treatment with composting leachate efficiency increased sensibly, producing an effluent whose demands to treat in its last unit – soil infiltration area - they are just nitrogen and phosphorus.

1. INTRODUÇÃO

A Estação de Transbordo da Lomba do Pinheiro (ETLP) consiste em uma unidade do DMLU concebida para recepção de resíduos sólidos coletados no município, sua acumulação temporária, e posterior inserção nos veículos de superior porte destinados ao seu transporte às unidades de tratamento, tendo-se em vista a impossibilidade logística de deslocamento dos próprios veículos coletores a tais unidades e retorno às suas zonas originais de coleta. Para

manutenção de condições de limpeza e salubridade da unidade procedem-se lavagens periódicas do pátio de acumulação, atividade que gera um efluente concentrado e poluente. Para efetiva estabilização de tal efluente, um sistema de tratamento biológico foi concebido e projetado por técnicos do DMLU, entrando em operação em 2002. Após um ano de operação, o sistema passou a também receber lixiviado gerado na compostagem de resíduos sólidos urbanos, processo que utiliza parte do resíduo encaminhado à ETLP e é operado em uma unidade do DMLU adjacente a essa, a Unidade de Triagem e Compostagem da Lomba do Pinheiro (UTCLP). O presente trabalho descreve a unidade de tratamento e sua eficiência no tratamento dos afluentes que recebe.

2. CARACTERIZAÇÃO DOS AFLUENTES À ESTAÇÃO DE TRATAMENTO

2.1 Caracterização do efluente da lavagem do pátio da ETLP

O efluente da lavagem de um pátio de acumulação temporária de resíduos sólidos pode ser considerado um líquido perfeitamente análogo a um lixiviado bruto de aterro sanitário, visto consistir-se de uma diluição de líquidos e particulados presentes no resíduo urbano domiciliar em início de decomposição, ou seja, atravessando a fase acidogênica da degradação anaeróbia. No caso específico da ETLP, evidentemente as concentrações de matéria orgânica, sólidos suspensos metais e demais espécies químicas presentes irão variar sobretudo com o grau de diluição utilizado, ou seja, com os volumes de água empregados na lavagem. Devido à grande circulação diária de veículos na estação, grande quantidade de terra acumula-se no pátio, fato que agrega substanciais quantitativos de sólidos suspensos fixos ao efluente. Tendo em vista a necessidade de caracterização do efluente para o projeto do sistema de tratamento, algumas coletas de amostras para avaliação laboratorial foram procedidas. Após a construção do mesmo sistema iniciou-se monitoramento mensal de afluentes e efluentes às unidades constituintes. A Tabela 1 apresenta a caracterização do efluente de lavagem, monitorado entre janeiro de 2002 e fevereiro de 2004 (24 amostras analisadas).

Tabela 1 – Características dos efluentes de lavagem da ETLP (janeiro/2002-fevereiro/2004)

Parâmetro	N	Resultados	Média	Mediana
pH	24	4,4-8,2	5,6	5,25
Sólidos Totais a 105°C (mg/L)	24	395-21.380	5529	3600
Sólidos Totais Fixos a 550°C (mg/L)	24	210-7780	2061	1305
Alcalinidade Total (mgCaCO ₃ /L)	24	ND-1840	503	385
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	24	130-8090	2200	1355
DQO (mgO ₂ /L)	24	150-19.300	5275	2115
Ácidos Graxos Voláteis (mg Ácido acético/L)	24	ND-2220	773	545
Nitrogênio Amoniacal (mgN/L)	24	1,7-144	29,3	14
Nitrogênio Orgânico (mgN/L)	24	ND-310	84,1	33
Fosfato Total (mgPO ₄ ⁻³ /L)	24	5,4-198	54,2	32,2
Sulfatos (mgSO ₄ ⁻² /L)	24	ND-330	52,9	35
Sulfetos (mgH ₂ S/L)	23	ND-6,5	0,8	0,3
Alumínio (mgAl/L)	24	0,7-164	31	7,9
Bário (mgBa/L)	24	0,03-4,1	0,85	0,42
Cádmio (mgCd/L)	24	ND-0,03	0,007	ND
Chumbo (mgPb/L)	24	ND-2,1	0,47	0,2
Cobre (mgCu/L)	24	0,07-1,5	0,44	0,19
Cromo total (mgCr/L)	24	ND-1	0,12	0,06
Ferro Total (mgFe/L)	24	2,6-183	54,2	36
Manganês (mgMn/L)	24	0,16-7,8	2,5	1,7

continua

Tabela 1 – Características dos efluentes de lavagem da ETLP (janeiro/2002-fevereiro/2004) - continuação

Parâmetro	N	Resultados	Média	Mediana
Mercúrio (mgHg/L)	24	ND-0,024	0,003	0,001
Níquel (mgNi/L)	24	ND-0,33	0,09	0,06
Zinco (mgZn/L)	24	0,08-11	2,1	1,2
Fenóis (mgC ₆ H ₅ OH/L)	23	ND-0,46	0,098	0,080
Surfactantes (mgABS/L)	23	0,2-4,7	1,8	1,5
Cianetos (mgCN/L)	23	ND	ND	ND
Óleos e Graxas Totais (mg/L)	23	ND-745	136,5347826	44

N: número de amostras coletadas; ND: não detectado

2.2 Caracterização do lixiviado gerado nos pátios de compostagem da UTCLP

Os lixiviados gerados em sistemas de compostagem cobertos ou desprovidas de cobertura são produto dos mesmos fatores que influenciam a formação de lixiviados em aterros sanitários. O lixiviado de aterros sanitários é formado quando o conteúdo de umidade excede a capacidade de campo, produzindo percolação. Segundo EL-FADEL *et al.* (2002) a percolação ocorre quando a magnitude das forças gravitacionais excedem as forças responsáveis pela retenção de água no meio poroso. O processo de lixiviação é influenciado por muitos fatores, como precipitações, irrigação, recirculação, conteúdo inicial de umidade, co-disposição de resíduos com diferentes teores de umidade e sua decomposição.

O lixiviado produzido no pátio de compostagem da UTCLP é coletado por um sistema de drenagem e destinado a quatro tanques de armazenamento revestidos com geomembrana de PEAD, para posterior encaminhado a irrigação das leiras, visando recuperação de nutrientes e umidade

A qualidade do lixiviado tem grande variação em função da composição dos resíduos sólidos, das condições operacionais e da climatologia local, sendo sua caracterização fator crítico para projeto de sistema de tratamento. O monitoramento da qualidade dos lixiviados gerados na UTCLP iniciou-se em janeiro de 2001, a partir da operação do primeiro tanque construído, prosseguindo trimestralmente ao longo e após a construção e operação dos três demais tanques. A Tabela 2 apresenta as características dos lixiviados gerados na UTCLP entre janeiro de 2001 e fevereiro de 2004.

Tabela 2 – Características dos lixiviados gerados na UTCLP (janeiro/2001-fevereiro/2004)

Parâmetro	N	Resultados	Média	Mediana
Condutividade Elétrica ($\square$ mho/cm)	36	110-5880	2102	2015
pH	36	6,0-8,3	7,3	7,4
Potencial Redox (mV)	36	(-369)-(+449)	-42	-47
Sólidos Totais a 105°C (mg/L)	36	440-15.330	2860	1895
Sólidos Totais Fixos a 550°C (mg/L)	36	170-12.930	1929	1196
Alcalinidade Total (mgCaCO ₃ /L)	36	40-12.200	1019	531
Cloretos (mgCl/L)	36	24-902	337	344
Coliformes Totais (NMPT/100mL)	33	350-(>2.400.000)	1,14 x 10 ⁶	9,2 x 10 ⁵
Coliformes Fecais (NMPF/100mL)	34	8-(>2.400.000)	6,24 x 10 ⁵	4,9 x 10 ⁴
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	36	47-2850	579	267
DQO (mgO ₂ /L)	36	128-6825	1232	685
Dureza (mgCaCO ₃ /L)	36	52-2178	546	416
Ácidos Graxos Voláteis (mg Ácido acético/L)	36	12-2812	470	300
Nitrogênio Amoniacal (mgN/L)	36	ND-294	51	27
Nitrogênio Total de Kjeldahl (mgN/L)	36	5,7-346	86	57
Nitrato Total (mgNO ₃ ⁻ /L)	36	0,18-22	7,4	6,1
Fósforo Total (mgP/L)	36	0,42-14	3,7	2,7

continua

Tabela 2 – Características dos lixiviados gerados na UTCLP (janeiro/2001-fevereiro/2004) - continuação

Parâmetro	N	Resultados	Média	Mediana
Sulfetos (mgH ₂ S/L)	33	ND-99	6,6	0,8
Alumínio (mgAl/L)	36	0,55-48	7,3	5,2
Bário (mgBa/L)	36	0,04-0,54	0,2	0,2
Cádmio (mgCd/L)	36	0-0,02	0,001	ND
Cálcio (mgCa/L)	36	2,6-476	94,9	58
Chumbo (mgPb/L)	36	ND-0,13	0,04	ND
Cobre (mgCu/L)	36	ND-0,13	0,05	0,05
Cromo total (mgCr/L)	36	ND-0,02	0,0005	ND
Ferro Total (mgFe/L)	36	1,37-62	11,7	8,1
Magnésio (mgMg/L)	36	4-503	77,4	35,7
Manganês (mgMn/L)	36	0,23-5,1	1,4	1,1
Mercurio (mgHg/L)	36	ND-0,003	0,0004	ND
Níquel (mgNi/L)	36	ND-0,17	0,033	0,03
Potássio (mgK/L)	36	6,7-747	258	215
Sódio (mgNa/L)	36	15-443	197	176
Zinco (mgZn/L)	36	0,02-1,5	0,17	0,11

N: número de amostras coletadas; ND: não detectado

3. A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO – UNIDADES E SUA JUSTIFICATIVA

O sistema de tratamento da Estação de Transbordo da Lomba do Pinheiro (ETELP) foi concebido originalmente para o tratamento das águas servidas provenientes das lavagens das áreas de acumulação de resíduos sólidos da mesma estação, que foram caracterizadas como efluentes de cargas elevadas em função de agregarem líquidos de constituição dos resíduos, líquidos provenientes do seu estágio inicial de degradação anaeróbia e ainda particulados finos e grosseiros. Tendo em vista lavagens da estação de transbordo efetuadas em dias alternados da semana, o sistema de tratamento foi concebido para operação em regime de batelada. O sistema operou entre janeiro e dezembro de 2002 tratando uma vazão mensal de aproximadamente 200 m³ de efluente de lavagem. A partir de tal mês foram agregadas cargas de lixiviados provenientes da UTCLP. O sistema, projetado por técnicos do DMLU, é composto pelas seguintes unidades: (1) gradeamento, (2) Calha Parshall, (3) tanque de equalização, (4) reator anaeróbio de manto de lodo e fluxo ascendente (UASB), (5) filtro anaeróbio de pedra britada nº 5, (6) filtro aeróbio, (7) sistema de infiltração (área de infiltração para polimento no solo). As unidades constituintes do sistema são descritas a seguir:

- **Gradeamento:** tem a função precípua de remover sólidos grosseiros da água residuária, através de retenção mecânica e limpeza periódica das grades, evitando problemas às unidades subsequentes. Dois sistemas de grades com barras metálicas chatas paralelas, dispostas a um ângulo de 45° com a horizontal instalados no canal de escoamento constituem os gradeamentos médio e fino. A limpeza das grades é efetuada manualmente, com o auxílio de ancinhos, a cada aplicação de afluente;

- **Calha Parshall:** a água residuária, previamente gradeada, passa por um controlador de nível, representado por um medidor de vazão tipo calha Parshall, que oferece baixa perda de carga ao escoamento, exercendo controle da velocidade de montante, de modo a otimizar as eficiências de remoção de sólidos grosseiros e areia na calha de adução;

- **Tanque de Equalização:** um tanque com volume útil de 5,36 m³ permite manter-se um fluxo de afluente aproximadamente constante na entrada da unidade subsequente, o reator UASB, amortecendo vazões de pico. Para evitar inundação dessa unidade há um extravasor que permite a drenagem do afluente diretamente ao reator UASB, quando necessário;

- **Reator UASB:** reatores do tipo UASB constituem-se nas mais eficientes unidades compactas de crescimento anaeróbio aderido desenvolvidas, possibilitando elevadas remoções de matéria orgânica de esgotos e de várias outras águas residuárias em períodos que variam de poucas horas a 2 dias, sendo seu uso conveniente especialmente em regiões de clima quente. Operam através da manutenção de um fluxo de afluente a uma velocidade ascensional controlada, de modo a manter suspensa uma camada de lodo anaeróbio ativo, que, transpassada pelo líquido, promove um contato íntimo do meio bacteriano com o substrato a remover. Os reatores UASB são utilizados para cargas tão baixas quanto $0,1 \text{ kgDQO/m}^3$ (como o esgoto doméstico) ou tão altas quanto 20 kgDQO/m^3 (como a vinhaça). O reator da estação possui forma cilíndrica com 4 m de diâmetro interno e 4 m de altura (50 m^3);

- **Filtro Anaeróbio de Pedra Britada nº 5:** o filtro anaeróbio constitui-se em uma unidade de crescimento aderido em que o reator abriga um meio suporte cujas unidades provém superfície para o crescimento de colônias de bactérias anaeróbias e facultativas, sendo tal meio atravessado pelo afluente a tratar, oportunidade em que há um íntimo contato entre o líquido e os filmes microbiológicos aderidos e intersticiais, havendo então adsorção e posterior metabolismo da matéria orgânica solúvel e particulada presente na água residuária, que é convertida a produtos intermediários e a metano e gás carbônico. O DMLU possui larga experiência de trabalho com filtros anaeróbios constituídos de pedra britada, tendo verificado eficiências de remoção de matéria orgânica da ordem de 80% em lixiviados brutos, utilizando tempos de detenção hidráulica superiores a 30 d. O filtro anaeróbio da estação apresenta um volume de $66,25 \text{ m}^3$, sendo aberto para a atmosfera. Estima-se em 65% o volume total de vazios do reator, que é uma função, além do próprio volume ocupado pelo meio suporte, dos crescimentos aderido e intersticial, que tendem a colmatar o mesmo;

- **Filtro Aeróbio:** O filtro aeróbio constitui-se em uma unidade estruturalmente semelhante ao filtro anaeróbio, com microrganismos crescendo em unidades de um meio suporte; todavia essa unidade abrigará o crescimento de organismos aeróbios e facultativos, autotróficos e heterotróficos, visto prover-se o reator de aeração, seja por simples convexão, seja mecânica, através de ventiladores. Os filtros aeróbios, ao lado dos biodiscos rotativos, constituem-se nas mais eficientes unidades de tratamento aeróbio com crescimento aderido. Permitem, além da remoção de matéria orgânica refratária ao tratamento anaeróbio, oxidação de nitrogênio amoniacal, além de outros efeitos coadjuvantes como remoção de metais por processos de biosorção e bioacumulação. O filtro da estação descrita apresenta como unidade de recheio matrizes de poliéster extrudada, proveniente de fabricação de botões de camisa, classificadas conforme NBR 10004 como resíduo pertencente à Classe III, inerte, sendo um sólido seco com baixa densidade e teor de vazios de 64%. O reator apresenta um volume de 55 m^3 e $16,7 \text{ m}^2$ de área superficial, operando por convecção de ar;

- **Área de Infiltração:** Segundo CHERNICHARO (1999), a disposição de esgotos no solo pode ser uma forma de disposição final ou de tratamento, ou ambas. Parte das águas residuárias dispostas no solo incorpora-se às plantas e ao próprio solo, umedecendo-o; parte excedente, geralmente a maior, encaminha-se à recarga do lençol subterrâneo e à evapotranspiração ou finalmente escoar até um corpo ou curso d'água, porém, sempre em melhor condição sanitária, devido à ação do sistema solo-planta. Os sólidos, orgânicos e minerais são retidos por filtração no solo, onde também ocorrem fenômenos químicos e bioquímicos de transformação. Os microorganismos da camada superior do solo são ativos e, quando há cobertura vegetal, ocorre a participação das plantas em todos os fenômenos. A disposição de esgotos no solo é uma atividade essencialmente de reciclagem, inclusive para a água, e viabiliza a utilização do potencial hídrico e dos nutrientes presentes nos efluentes líquidos, empregando a natureza como receptora de resíduos e geradora de riquezas. A

tratabilidade do solo está associada à textura, à estrutura e à espessura da camada não saturada do mesmo.

O sistema foi assim concebido para o tratamento em bateladas, operando integralmente por gravidade. Os tempos de detenção hidráulica nos reatores, excetuando-se o filtro aeróbio, variam com os volumes de afluentes aplicados a cada lavagem ou inserção de lixiviado e com a periodicidade não inteiramente regular das aplicações. A Figura 1 apresenta um esquema representativo da estação de tratamento da ETLP.

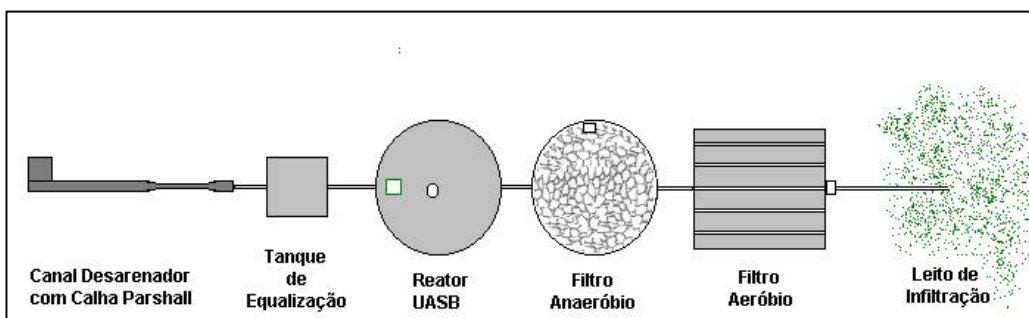


Figura 1 – Representação esquemática da estação de tratamento da ETLP

4. RESULTADOS

A estação de tratamento operou entre janeiro e dezembro de 2002 tratando uma vazão média de 450 m³/mês de efluente de lavagem. A partir de janeiro de 2003 volumes mensais de lixiviados gerados na UTCLP, muito variáveis em função de sua geração, foram também aplicados na estação, mantendo-se os volumes médios mensais de efluentes de lavagem aplicados. O monitoramento da estação, contemplando coletas de afluentes e efluentes de cada reator manteve-se mensal desde o início da operação. As eficiências de remoção foram estimadas em função das concentrações médias dos afluentes, obtidas por ponderação entre volumes mensais afluentes de águas de lavagem e lixiviado e concentrações originais nos líquidos, concentrações médias dos efluentes de cada reator. Uma vez que o processo de infiltração no solo não oferece possibilidade de monitoramento de efluente, as eficiências totais de remoção do sistema completo são desconhecidas, no entanto, denominamos *eficiência total* aquela resultante da passagem do líquido pelos três reatores constituintes. A Tabela 3 apresenta as eficiências de remoção do sistema para os períodos considerados.

Em média, os lixiviados oriundos da UTCLP representaram apenas 12% do volume aplicado no sistema, correspondendo o restante a efluente de lavagem da ETLP. No sentido de que as drenagens de águas de chuva precipitadas sobre o pátio da ETLP, tidas como aplicações *informais* desta segunda água residuária ao sistema não foram contabilizadas durante os períodos mensais, infere-se que na prática o percentual correspondido pela segunda tende a superar 90%. Verifica-se, porém, que o tratamento combinado (2º caso) elevou praticamente todas as eficiências de remoção em relação ao tratamento apenas do efluente de lavagem (1º caso).

As remoções de sólidos foram atribuídas sobretudo ao segundo e terceiro reatores (filtro anaeróbio e filtro aeróbio, respectivamente) no 1º caso, tendo o primeiro reator (reator UASB) assumido também importante papel do 2º caso. As remoções de matéria orgânica (DBO₅ e DQO) foram muito efetivas em todos os reatores, destacando-se o reator UASB como unidade mais eficiente, chegando a remover 67,24% de DBO₅ e 74,46% de DQO no 2º caso. De uma média global de remoção do sistema de 70% de DBO₅ e 77% de DQO no 1º caso, passou-se no tratamento conjunto para 94% e 95,5%. As remoções de amônia deram-se sobretudo no terceiro reator, o que é esperado, em função de sistemas anaeróbios não removerem amônia

senão por conversão a biomassa. O nitrogênio orgânico foi removido, no 1º caso sobretudo pelo filtro aeróbio, e diferentemente, no tratamento conjunto, pelo reator UASB. As remoções globais de NTK apresentaram média de 48% no 1º caso e 62% no 2º caso. Os metais monitorados apresentaram remoções globais pelo sistema de 39% a 100% no tratamento de efluente de lavagem e de 71,5 a 97,7% no tratamento combinado. As médias de remoção de metais foram, respectivamente, de 68,3% e 88,7% nos dois casos. A remoção de metais somente pode ser mantida como mecanismo efetivo se houver remoção periódica de lodo biológico dos reatores, o que ocorre como processo natural nos filtros aeróbio e anaeróbio e como atividade operacional no reator UASB.

Tabela 3 – Eficiências de remoção do sistema de tratamento

Parâmetro	Eficiências - Tratamento do Efluente Lavagem ETLP (%)				Eficiências - Tratamento Combinado Efluente de Lavagem ETLP + Lixiviado UTCLP (%)			
	UAS	FAN	FAE	TOT	UAS	FAN	FAE	TOT
Sólidos Totais a 105°C	-0,84	36,59	43,80	64,07	61,73	30,72	24,93	80,10
Sólidos Totais Fixos a 550°C	-32,88	33,26	44,14	50,46	36,51	26,34	18,50	61,88
Sólidos Suspensos Voláteis a 550°C	-	56,46	77,84	-	-	57,50	72,59	-
Sólidos Dissolvidos Voláteis a 550°C	-	-17,61	3,12	-	-	31,83	30,83	-
Sólidos Totais Voláteis a 550°C	20,55	40,32	43,38	73,15	77,07	38,10	37,84	-8,82
DBO ₅	32,51	35,74	31,08	70,11	67,24	56,62	59,73	94,28
DQO	52,06	21,57	39,61	77,29	74,46	58,01	58,04	95,50
Ácidos Graxos Voláteis	3,14	70,66	6,59	46,98	54,34	-0,68	8,24	57,82
Nitrogênio Amoniacal	-159,40	23,96	52,74	6,77	-23,92	-11,71	35,91	11,28
Nitrogênio Orgânico	-13,55	-5,88	72,92	67,45	75,42	-6,60	17,01	78,25
Nitrogênio Total de Kjeldahl	-60,66	9,68	64,06	47,85	51,47	-9,75	28,85	62,11
Fosfato Total	-51,30	29,42	58,81	56,01	44,07	21,61	49,79	77,99
Alumínio	-	-	-	69,79	-	-	-	97,11
Bário	-	-	-	60,31	-	-	-	83,73
Cádmio	-	-	-	60,00	-	-	-	90,48
Chumbo	-	-	-	64,98	-	-	-	90,47
Cobre	-	-	-	70,29	-	-	-	95,59
Cromo total	-	-	-	80,00	-	-	-	92,78
Ferro Total	-	-	-	51,22	-	-	-	89,30
Manganês	-	-	-	39,08	-	-	-	71,53
Mercúrio	-	-	-	100,00	-	-	-	84,13
Níquel	-	-	-	72,60	-	-	-	83,15
Zinco	-	-	-	83,89	-	-	-	97,72

UAS: reator UASB; FAN: filtro anaeróbio; FAE: filtro aeróbio; TOT: reator UASB + filtro anaeróbio + filtro aeróbio

A Tabela 4 apresenta as características médias dos efluentes do filtro aeróbio verificadas no 1º e no 2º caso, que podem ser considerados como última instância de controle e monitoramento do sistema, e que, sequencialmente são aplicados no solo, conjuntamente com os limites definidos pela Portaria 05/1989 da Secretaria da Saúde e do Meio Ambiente do estado do Rio Grande do Sul para emissão de efluentes a vazões inferiores a 200 m³/d.

Verifica-se que tanto no tratamento da água de lavagem quanto no tratamento combinado o pH do efluente do terceiro reator encontra-se na faixa da neutralidade. No 2º caso houve sensível redução das concentrações de DBO₅, DQO, sólidos totais, nitratos, nitritos, fosfatos, e metais (excetuando-se os casos do níquel, com médias idênticas, e mercúrio, em que houve leve elevação da concentração). Ácidos voláteis e nitrogênio total de Kjeldahl apresentaram médias superiores no 2º caso. Todos os metais apresentaram concentrações inferiores aos seus respectivos limites para emissão, exceto ferro no 1º caso; as concentrações médias de nutrientes, fósforo e nitrogênio mantiveram-se acima dos limites para emissão nos dois casos. O tratamento combinado reduziu sensivelmente as médias para

DBO₅, DQO, apresentando-se no 2º caso a média dos resultados do primeiro ensaio de demanda muito próxima ao limite para emissão e cumprindo seu respectivo limite a média dos resultados para o segundo ensaio de demanda. Desta maneira, verifica-se, dentro do universo de parâmetros monitorados, que o efluente lançado ao solo necessitará tão somente sofrer atenuação de suas concentrações de fósforo e nitrogênio neste último estágio não monitorado.

Tabela 4 – Efluentes do filtro aeróbio (1º e 2º caso) e limites para emissão

Parâmetro	Efluente do Tratamento de Águas de Lavagem ETLP (%)	Efluente do Tratamento Combinado Efluente de Lavagem ETLP + Lixiviado UTCLP (%)	Limites para Emissão – Portaria SSMA 05/1989
pH	7,1	7,1	6,0-8,5
Sólidos Totais a 105°C (mg/L)	1548	1193	-
Sólidos Totais Fixos a 550°C (mg/L)	855	864	-
Sólidos Suspensos Voláteis a 550°C (mg/L)	163	24	-
Sólidos Totais Dissolvidos a 105°C (mg/L)	1014	947	-
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	494	133	120
DQO (mgO ₂ /L)	922	248	360
Ácidos Graxos Voláteis (mg Ácido acético/L)	284	375	
Nitrogênio Amoniacal (mgN/L)	22,7	28,3	
Nitrogênio Orgânico (mgN/L)	16,6	21,8	
Nitrogênio Total de Kjeldahl (mgN/L)	39,3	50,1	10 mg(Nitrogênio Total)/L
Nitratos (mgNO ₃ ⁻ /L)	15,5	7,4	
Nitritos (mgNO ₂ ⁻ /L)	1,00	0,56	
Fosfato Total (mgPO ₄ ⁻³ /L)	17,1	12,9	3,06*
Alumínio (mgAl/L)	7,1	0,95	10
Bário (mgBa/L)	0,33	0,13	5
Cádmio (mgCd/L)	0,0018	0,0008	0,1
Chumbo (mgPb/L)	0,132	0,045	0,5
Cobre (mgCu/L)	0,112	0,019	0,5
Cromo total (mgCr/L)	0,033	0,005	0,5
Ferro Total (mgFe/L)	20,1	6,1	10
Manganês (mgMn/L)	1,28	0,75	2
Mercúrio (mgHg/L)	0	0,0006	0,01
Níquel (mgNi/L)	0,018	0,018	1
Zinco (mgZn/L)	0,34	0,042	1

*considerando que todo o conteúdo de fósforo apresenta-se como fosfatos

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHERNICHARO, A.L. 1997. **Reatores Anaeróbios**. Belo Horizonte: UFMG. 245 p.
- EL-FADEL , M.; BOU-ZEID, E.; CHAHINE, W.; ALAYLI, B. 2002. Temporal variation of leachate quality pré-sorted and baled municipal solid waste with high organic and moisture content. **Waste management**, n. 22, p.269-82.
- RIO GRANDE DO SUL, Secretaria Estadual da Saúde e do Meio Ambiente. 1989. **Portaria 05/1989 SSMA: Critérios e padrões de efluentes líquidos a serem observados por todas as fontes poluentes que lançam seus efluentes nos corpos d'água interiores no estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, A Secretaria, 1989.