



## II-577 – AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO TRATAMENTO COMBINADO DE CHORUME E ESGOTO

### **Luciana da Silva Canuto** <sup>(1)</sup>

Química Industrial pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Especialista em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo. Analista de Saneamento da Companhia Espírito Santense de Saneamento - CESAN.

### **Bruno Zanol de Almeida**

Técnico em Meio Ambiente pela FAESDE (ES) e Técnico em Automação Industrial pela CEDTEC (ES). Supervisor de estação de tratamento de esgoto da RIOVIVO AMBIENTAL.

### **Fernando Rodrigues da Matta Baptista**

Eng. Agrônomo pela Universidade Federal do Espírito Santo, Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo. Analista de Saneamento da Companhia Espírito Santense de Saneamento - CESAN.

### **Juliane Giacomini Bof Ovani**

Bióloga pela Universidade Federal do Espírito Santo. Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo. Analista de Suporte ao Negócio da Companhia Espírito Santense de Saneamento - CESAN.

### **Luiz Antônio Goulart**

Biólogo pela Faculdade Católica Salesiana de Vitória. Técnico em Meio Ambiente pela CEFET-MG. Técnico de Saneamento e Gestão da Companhia Espírito Santense de Saneamento - CESAN.

**Endereço** <sup>(1)</sup>: Av. Dante Michelini - Aeroporto - Vitória - ES - CEP: 29.075-680 - Brasil - Tel: +55 (27) 2127-6808 - e-mail: [luciana.canuto@cesan.com.br](mailto:luciana.canuto@cesan.com.br)

### **RESUMO**

Nos aterros sanitários há formação do chorume que se não tratado e exposto ao meio ambiente, torna-se extremamente poluente para os corpos d'água. O chorume, objeto do estudo, é proveniente das atividades de operação de um aterro sanitário de resíduos exclusivamente Classe IIA, da empresa Marca Ambiental Ltda. Para implementação do teste de tratamento do chorume combinado com esgoto sanitário de uma estação de tratamento de esgoto foi realizada uma avaliação da capacidade da ETE Mulembá em receber o chorume, considerando os parâmetros analíticos de projeto da ETE, sendo Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Nitrogênio Amoniacal. Devido à preocupação com a estabilidade do tratamento de esgoto foram definidos parâmetros muito conservadores, como a utilização da média das primeiras 8h de vazão da ETE e o percentual de 1% de chorume. Para avaliação do tratamento de esgoto após o lançamento de chorume, foram definidas coletas do esgoto tratado e do lodo biológico no período antes e após o tratamento combinado com chorume. Os parâmetros definidos para análise do esgoto tratado foram baseados na Resolução CONAMA nº 430/2011, Seção II, Art. 16, incisos I e II sobre condições e padrões de lançamento e para o lodo, os parâmetros foram baseados na Resolução CONAMA nº 498/2020, para uso de biossólidos nos solos. Os resultados das análises de esgoto tratado mostram que a faixa de variação dos valores de concentração dos parâmetros antes e após o lançamento de chorume, estão de acordo com a Resolução CONAMA nº 430/2011, Art. 21 e Art. 16, Tabela 1, exceto os parâmetros cromo trivalente e zinco que não atenderam em 4% das amostras analisadas, no período após o lançamento de chorume. Já para o lodo biológico, a faixa de variação dos resultados das análises, antes e após o lançamento de chorume, indicam que todos os valores dos parâmetros atendem a Resolução CONAMA nº 498/2020, para biossólido Classe 1. Após análise dos resultados constata-se que os testes foram satisfatórios para tratamento combinado de lixiviados de aterro sanitário classe II com esgoto sanitário na proporção de 1% de volume de chorume, possibilitando o recebimento contínuo de chorume na estação de tratamento de esgoto Mulembá I e a cobrança de tarifa por este serviço.

**PALAVRAS-CHAVE:** Chorume, lodo ativado, tratamento combinado, tratamento biológico.



A decomposição de resíduos sólidos urbanos gera um líquido denominado de chorume, cuja composição é variada e complexa. O chorume é um resíduo líquido de elevada carga orgânica e forte coloração, produzido pela decomposição química e microbiológica dos resíduos sólidos depositados em um aterro. A sua composição química 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 se podem destacar, a quantidade de chuva e a temperatura.

A formação do chorume é um processo natural, mas se este não é tratado e exposto ao meio ambiente, torna-se extremamente poluente, sendo potencial contaminante de lençóis freáticos e corpos d'água, comprometendo a saúde da população. A presença dos diversos poluentes no chorume impõe a necessidade de tratamento adequado antes de seu lançamento no corpo receptor.

A iniciativa para realização do teste de tratamento combinado de chorume e esgoto sanitário foi da empresa Marca Ambiental Ltda, atuante no gerenciamento integrado de resíduos, com proposta de “Projeto para Tratamento de Lixiviados de Aterro de Resíduos Sólidos Urbanos com Esgoto Sanitário” para a Companhia Espírito Santense de Saneamento. A proposta foi aceita e criado Grupo de Trabalho para implementação do projeto.

O chorume, objeto do estudo, é proveniente das atividades de operação de um aterro sanitário de resíduos exclusivamente Classe IIA, de acordo com a Norma ABNT nº 13.896/1997 – “Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação”. A empresa responsável pelo aterro é a empresa Marca Ambiental Ltda. Em relação ao Aterro classe IIA, cerca de 90% ou mais dos resíduos que chegam configuram-se como RSU (Resíduo Sólido Urbano) e outros configuram como lodos de ETE's, Resíduos de Construção Civil misturados a RSU.

Conceitualmente, o tratamento combinado de lixiviado refere-se ao seu lançamento junto ao afluente da estação de tratamento de esgotos, devendo resultar em um efluente tratado que atenda às exigências legais (PROSAB, 2009).

Não existe um limite fixo para o percentual em volume de lixiviado a ser recebido em ETE de forma a não comprometer o tratamento. Alguns autores consideram o limite prático como sendo entre 10 e 20% em volume, enquanto outros trabalham com uma relação de até 2%, de forma a não implicar em má qualidade do efluente tratado (Mannarino et al, 2011).

## **OBJETIVO**

Avaliar a eficiência e o desempenho operacional da ETE Mulembá I com o tratamento combinado de chorume e esgoto.

Verificar a possibilidade do recebimento contínuo de chorume na ETE e implantação de tarifa para este serviço.

## **METODOLOGIA UTILIZADA**

Para realização dos testes para tratamento do chorume combinado com esgoto foi escolhida a ETE Mulembá I, localizada no município de Vitória. Foi construída para atender uma vazão média de 17.626 m<sup>3</sup>/dia, equivalente a 204 L/s, e uma população de 74.791 habitantes.

O tratamento é do tipo “UNITANK”, reator biológico aerado, com remoção de nitrogênio e desinfecção ultravioleta. O tratamento dos sólidos é composto por digestor, adensador e desidratação de lodo através de centrífuga. Atualmente a vazão média é de 140 L/s.



Para avaliação da capacidade da ETE Mulembá em receber o chorume, foram considerados os parâmetros analíticos de projeto: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Nitrogênio Amoniacal.

A Tabela 1 apresenta as concentrações dos parâmetros considerados para projeto.

**Tabela 1: Características do esgoto afluente consideradas para projeto.**

Parâmetro	Valor	Carga
Vazão	204 L/s	17.626 m <sup>3</sup> /dia
DBO	296 mg/L	5.217 Kg DBO/dia
DQO	674 mg/L	11.880 Kg DQO/dia
SST	267 mg/L	4.703 Kg SST/dia
Nitrogênio Total	61,6 mg/L	1.086 Kg NTK/dia

No Manual de Operação da ETE Mulembá I são descritos os valores de parâmetros operacionais esperados para o esgoto tratado, Tabela 2, conforme projeto.

**Tabela 2: Características do esgoto tratado.**

Parâmetros	Valores
Eficiência de remoção de (DBO <sub>5</sub> 20°C)	≥ 90%
Concentração de DQO, mg/l	≤ 200
Concentração Sólidos Totais em Suspensão (mg/l)	≤ 70
Materiais Sedimentáveis (ml/l) em teste de 1 hora em cone Imhoff.	≤ 0,5
Nitrogênio Total (mg/l)	≤ 35
Óleos e graxas minerais (mg/l)	≤ 20
Oxigênio dissolvido (mg/l)	≥ 0,5
Temperatura (°C)	< 40

Para definir o volume de chorume bruto a ser tratado na ETE Mulembá I, consideramos 1% da vazão de esgoto bruto na ETE. Para este cálculo avaliamos as primeiras 8h do dia, ou seja, das 0h às 8h, de um período de 24 dias, sem alto volume de chuvas e manutenções.

Foi definido este percentual de 1% de chorume bruto com base na literatura técnica pesquisada, que informa que percentuais de até 2% de volume de chorume não afetam o desempenho no tratamento de esgoto (Mannarino et al, 2011). Devido à preocupação com a estabilidade do tratamento de esgoto foram definidos parâmetros muito conservadores, como a utilização da média das primeiras 8h de vazão e o percentual de 1% de chorume. Como a dosagem de chorume não seria regulada pela vazão afluente de esgoto, optou-se em considerar as menores vazões diárias.

A Tabela 3 contém as vazões de chorume aplicadas no teste, as vazões de projeto da ETE e a média da ETE. A Tabela 4, as concentrações dos parâmetros DBO, DQO e Nitrogênio Amoniacal para o chorume e a ETE, além das cargas orgânicas (C.O), considerando as vazões da Tabela 3.

**Tabela 3: Vazões de chorume, média projetada da ETE Mulembá e vazão da ETE.**

Vazões	L/s	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /dia
Q chorume	0,64	2,3	55
Q projeto ETE	204	734	17626
Q atual ETE	112	403	9677

**Tabela 4: Concentração dos parâmetros e carga orgânica do chorume e ETE Mulembá.**

	DBO		DQO		NH4	
	(mg/L)	C.O (kg/dia)	(mg/L)	C.O (kg/dia)	(mg/L)	C.O (kg/dia)
Chorume bruto	8.700	481	18.800	1.040	2.750	152
ETE atual	184	1.781	395	3.822	41	397
ETE projeto	296	5.217	674	11.880	62	1.086

O período de testes escolhido foi setembro/2018 a julho/2019, sendo de setembro a outubro/2018 o período antes do lançamento de chorume na ETE e janeiro a julho/2019, o período após o lançamento de chorume.

Após definição do volume, foi instalada uma estrutura física para o bombeamento do chorume bruto, continuamente durante as 24 horas do dia, no ponto anterior aos tanques do tratamento biológico, para permitir uma mistura do chorume com o esgoto bruto. A dosagem é realizada através de uma bomba que periodicamente é ajustada a vazão para atendimento do volume diário definido.

Os parâmetros definidos para análise do esgoto tratado foram baseados na Resolução CONAMA nº 430/2011, Seção II, Art. 16, incisos I e II sobre condições e padrões de lançamento. Os parâmetros são: Etilbenzeno, Tolueno, Xileno, Cloreto Total, DBO, DQO, Fenóis, Nitrogênio Amoniacal, Sólidos Suspensos Totais, Sulfeto Total, Nitrogênio Total, Condutividade, pH, Ferro Dissolvido, Arsênio Total, Bário Total, Boro Total, Cádmio Total, Chumbo Total, Cobre Total, Cromo Total, Cromo Hexavalente, Cromo Trivalente, Estanho Total, Fósforo Total, Manganês Total, Mercúrio Total, Níquel Total, Prata Total, Selênio Total e Zinco Total.

Para o lodo foram definidos os parâmetros: Etilbenzeno, Tolueno, Xileno, Fenóis, Nitrogênio Amoniacal, Carbono Orgânico Total, Arsênio Total, Bário Total, Boro Total, Cádmio Total, Chumbo Total, Cobre Total, Cromo Total, Estanho Total, Fósforo Total, Manganês Total, Mercúrio Total, Níquel Total, Prata Total, Selênio Total, Zinco Total, Ferro Total, Cromo Trivalente e Cromo Hexavalente. Foram baseados na Resolução CONAMA nº 498/2020, “Define critérios e procedimentos para produção e aplicação de biossólido em solos, e dá outras providências” e nos parâmetros realizados para o esgoto tratado.

Foram realizadas análises do lodo e de amostra composta do esgoto tratado, com alíquotas coletadas a cada 03 (três) horas, por 24 (vinte e quatro) horas.

## RESULTADOS OBTIDOS

Foram considerados os resultados das análises do esgoto tratado e do lodo, antes do lançamento de chorume, no período de 21/09/18 a 18/10/18 e os resultados após o lançamento no período de janeiro/2019 a julho/2019.

A Tabela 5 mostra a faixa de variação dos resultados dos parâmetros na etapa antes e após o lançamento de chorume para tratamento com o esgoto, e os limites na CONAMA 430/2011, para lançamento de efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários. Foram analisadas um total de 4 amostras compostas do efluente antes e 22 amostras após o lançamento de chorume.

**Tabela 5: Resultados das análises do esgoto tratado antes e após o lançamento de chorume, comparando com a Resolução CONAMA nº 430/2011.**

Parâmetros		Antes chorume	Após chorume	Resolução CONAMA 430/11
		Faixa de variação	Faixa de variação	
Etilbenzeno	µg/L	< 2,00 - 4,46	< 2,00	0,84 mg/L
Tolueno	µg/L	< 2,00	< 2,00	1,2 mg/L
Xilenos	µg/L	< 2,00 - 5,88	< 2,00	1,6 mg/L
Cloreto Total	mg/L	150 - 380	55 - 4700	
DBO 5	mg/L	< 3,00 - 16,2	8,7 - 57,2	120 mg/L
DQO	mg/L	17 - 73	25 - 107	
Fenóis Totais	mg/L	< 0,003 - 0,015	< 0,003	0,5 mg/L
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	0,17 - 8,51	1,4 - 52,0	
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	< 10 - 45	< 10 - 54,0	
Sulfeto Total	mg/L	0,006 - 0,009	< 0,002 - 0,400	1,0 mg/L
Nitrogênio Total	mg/L	3,7 - 17	13,7 - 59,0	
Condutividade	µS/cm	1011 - 2070	247 - 2700	
pH		6,9 - 7,6	6,6 - 7,8	5 a 9
Ferro Dissolvido	mg/L	0,07 - 0,23	< 0,010 - 0,39	15,0 mg/L
Arsênio Total	mg/L	< 0,0010	< 0,0010 - 0,0034	0,5 mg/L
Bário Total	mg/L	0,011 - 0,036	< 0,010 - 4,766	5,0 mg/L
Boro Total	mg/L	0,012 - 0,544	< 0,010 - 0,357	5,0 mg/L
Cádmio Total	mg/L	< 0,0010 - 0,0012	< 0,0010 - 0,0050	0,2 mg/L
Chumbo Total	mg/L	< 0,010	< 0,010 - 0,051	0,5 mg/L
Cobre Total	mg/L	< 0,0010 - 0,0069	< 0,0010 - 0,3927	1,0 mg/L
Cromo Total	mg/L	< 0,010 - 0,0140	< 0,010 - 0,011	
Cromo Hexavalente	mg/L	< 0,01	< 0,01	0,1 mg/L
Cromo Trivalente	mg/L	< 0,01	< 0,010 - 3,999	1,0 mg/L
Estanho Total	mg/L	< 0,010	< 0,010	4,0 mg/L
Fósforo Total	mg/L	1,04 - 25,7	< 0,010 - 4,7	
Manganês Total	mg/L	0,038 - 0,087	0,018 - 0,218	1,0 mg/L
Mercurio Total	mg/L	< 0,00010 - 0,0003	< 0,00010 - 0,00022	0,01 mg/L
Níquel Total	mg/L	< 0,010	< 0,010 - 0,043	2,0 mg/L
Prata Total	mg/L	< 0,0010	< 0,0010 - 0,0013	0,1 mg/L
Selênio Total	mg/L	< 0,010	< 0,010 - 0,012	0,30 mg/L
Zinco Total	mg/L	0,028 - 0,180	< 0,010 - 6,882	5,0 mg/L

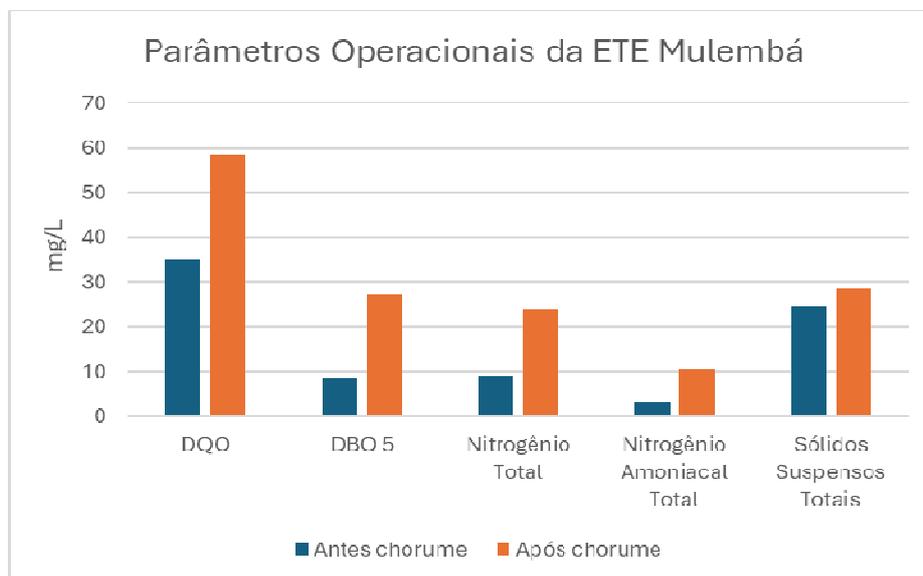


A Tabela 6 apresenta a faixa de variação dos resultados dos parâmetros nas amostras de lodo, antes e após o lançamento de chorume para tratamento com o esgoto, e os limites na CONAMA nº 498/2020, para uso de biossólidos nos solos. Foram analisadas um total de 4 amostras de lodo para o período anterior e 12 amostras para o período posterior ao lançamento de chorume.

**Tabela 6: Resultados das análises do lodo do período anterior e posterior ao lançamento de chorume, comparando com a Resolução CONAMA nº 498/2020.**

Parâmetros		Antes Chorume	Após chorume	CONAMA 498/2020 (Classe 1)
		Faixa de variação	Faixa de variação	
Etilbenzeno	µg/kg	< 2,00 - < 10,00	< 10,00	
Tolueno	µg/kg	< 2,00 - < 10,01	< 10,00 - 86,6	
Xilenos	µg/kg	< 2,00 - < 10,02	< 10,00	
Fenóis Totais	mg/kg	< 3,0	< 3,0	
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/kg	320 - 354	< 10,00 - 933,3	
Carbono Orgânico Total	%	6,5 - 42,7	33,8 - 57,5	
Arsênio Total	mg/kg	< 0,050 - 14,0	< 0,050 - 9,97	41 mg/kg ST
Bário Total	mg/kg	171 - 301	127 - 384	1.300 mg/kg ST
Boro Total	mg/kg	36 - 53	24,1 - 82,2	
Cádmio Total	mg/kg	< 0,050 - 1,51	0,42 - 1,60	39 mg/kg ST
Chumbo Total	mg/kg	16,7 - 24,6	13,3 - 30,0	300 mg/kg ST
Cobre Total	mg/kg	201 - 290	140 - 285	1.500 mg/kg ST
Cromo Total	mg/kg	16,0 - 40,5	16,7 - 44,1	1.000 mg/kg ST
Estanho Total	mg/kg	1,5 - 15,2	5,3 - 16,0	
Fósforo Total	mg/kg	11.666 - 18.773	8.512 - 20.956	
Manganês Total	mg/kg	110 - 178	77 - 165	
Mercúrio Total	mg/kg	< 0,050	< 0,050 - 1,47	17 mg/kg ST
Níquel Total	mg/kg	13 - 22,8	12,7 - 25,9	420 mg/kg ST
Prata Total	mg/kg	5,58 - 9,83	< 0,50 - 7,48	
Selênio Total	mg/kg	< 0,50	< 0,50 - 2,81	36 mg/kg ST
Zinco Total	mg/kg	534 - 977	422 - 893	2.800 mg/kg ST
Ferro Total	mg/kg	1470 - 10.308	8.156 - 24.477	
Cromo Trivalente	mg/kg	18,3 - 33,2	< 0,01 - 33,1	
Cromo Hexavalente	mg/kg	< 0,40	< 0,01 - < 1,34	

A Figura 1 apresenta as médias das concentrações dos principais parâmetros analisados na ETE Mulembá I comparando os resultados antes e após o lançamento de chorume.



**Figura 1: Gráfico com os resultados de parâmetros operacionais da ETE Mulembá antes e após o lançamento de chorume no esgoto.**

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Analisando os resultados apresentados na Tabela 5, na qual estão as faixas de variação da concentração das amostras do esgoto tratado antes e após o lançamento de chorume, comparando com a Resolução CONAMA nº 430/2011, Art. 21 e Art. 16, Tabela 1, constatamos que todos os parâmetros atendem a Resolução CONAMA nº 430/2011, exceto os parâmetros cromo trivalente e zinco que não atenderam em uma amostra, das 22 amostras analisadas, no período após o lançamento de chorume.

A faixa de variação dos resultados das análises do lodo, antes e após o lançamento de chorume, que constam na Tabela 6, indicam que todos os valores dos parâmetros atendem a Resolução CONAMA nº 498/2020, para bio-sólido Classe 1. Em alguns parâmetros ocorreu o aumento na faixa de variação de concentração, como no bário, boro, fósforo, mercúrio e ferro, porém ainda ficaram com as concentrações muito abaixo do limite da CONAMA 498/20. Já outros parâmetros, como arsênio, manganês e a prata, diminuíram a faixa de variação de concentração.

Constata-se que os principais parâmetros operacionais, DBO, DQO, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal e SST apresentaram maior concentração após a dosagem de chorume no esgoto afluente a ETE, conforme demonstrado na Figura 1. No entanto, não ultrapassaram o limite de concentração para os parâmetros previstos na Resolução CONAMA nº 430/2011, para lançamento de efluentes no corpo receptor.

## CONCLUSÕES

Os resultados dos parâmetros do esgoto tratado, após o lançamento de chorume, atenderam a Resolução CONAMA nº 430/2011, com exceção dos parâmetros cromo trivalente e zinco que ultrapassaram o limite apenas em uma amostra do total de 22 amostras.

Apesar do aumento da concentração dos parâmetros operacionais DBO, DQO, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal e sólidos suspensos totais, após o lançamento de chorume para tratamento combinado com o esgoto sanitário da ETE, considerando a Resolução CONAMA 430/2011, para lançamento de efluentes no corpo receptor, houve pleno atendimento em todos os parâmetros.



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO  
DE ENGENHARIA SANITÁRIA  
E AMBIENTAL



Em relação ao lodo, constata-se que mesmo com o aumento na faixa de variação de concentração de alguns parâmetros, todos ficaram com os valores bem abaixo dos limites da Resolução nº 498/2020, para aplicação de biossólido em solos.

Considera-se que os testes realizados para tratamento combinado de lixiviados de aterro sanitário classe II com esgoto sanitário na proporção de 1% de volume de chorume, considerando as menores vazões horárias da ETE, foram satisfatórios, possibilitando o recebimento contínuo de chorume na estação de tratamento de esgoto Mulembá I e a cobrança de tarifa por este serviço.

Após os testes, foi viabilizado o recebimento de chorume na ETE Mulembá I e ETE Mulembá II, localizada na mesma área, na proporção máxima de 1% de volume de chorume com relação a vazão média das ETES e firmado contrato com a empresa Marca Ambiental Ltda, para recebimento do chorume e cobrança de tarifa.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GOMES, L. P. Estudos de caracterização e tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições brasileiras. Rio de Janeiro: ABES, 2009. Projeto PROSAB.
2. MANNARINO, C. F., FERREIRA, J. A., MOREIRA, J. C. Tratamento combinado de lixiviado de aterros de resíduos sólidos urbanos e esgoto doméstico como alternativa para a solução de um grave problema ambiental e de saúde pública – revisão bibliográfica. Cad. Saúde Colet., 2011, Rio de Janeiro.
3. BRASIL, Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamentos de efluentes e complementa e alterada a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Publicado no D.O.U. de 16 maio de 2011.
4. BRASIL, Resolução CONAMA nº 498, de 19 de agosto de 2020. Define critérios e procedimentos para produção e aplicação de biossólido em solos, e dá outras providências. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Publicado no D.O.U. de 21 de agosto de 2020.