



XI SILUBESA

Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

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

III-003 - ALTERNATIVA DE TRATAMENTO TERCIÁRIO PARA CHORUME EM ATERROS SANITÁRIOS: SISTEMA DE BARREIRA BIO-QUÍMICA

Keila Gislene Querino de Brito Beltrão(1)

Mestre em Engenharia Civil, com ênfase em Saneamento, pelo Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba - UFPB/Campus II. Doutoranda em Geotecnia Ambiental/UFPE, Recife-Brasil.

José Fernando Thomé Jucá

Professor da Universidade Federal de Pernambuco, Recife-Brasil. Doutor pela Universidad Politécnica de Madrid, España. Coordenador do Grupo de Resíduos Sólidos da UFPE.

 jucah@ufpe.br

Home Page: <http://www.ufpe.br/grs>



Endereço⁽¹⁾ :Rua Antonio Vicente, 553 - Ed. Brasil - apto. 301 – Boa Viagem - Recife- PE - CEP: 51030-480 - Brasil
- Tel: (81) 3341-6972– Cel: (81)8825-6264 – Fax: 3271- 8222

 keilabeltrao@hotmail.com

RESUMO

A produção e tratamento de chorume é uma das questões mais importantes relacionadas a projeto e operação de aterros de resíduos sólidos. Diante da complexidade das questões que envolvem a geração de chorume, na maioria dos casos, o tratamento é feito fora do aterro com custos bastante elevados. Novas técnicas de remediação para tratamento de efluentes *in situ*, visando acelerar a remoção de contaminantes, vêm apresentado-se como promissoras e despertando o interesse de pesquisadores em busca de alternativas de baixo custo. Dentre as novas técnicas, ressaltamos uso de barreiras reativas e a fitorremediação através de plantas aquáticas emergentes, com destaque para *Typha domingensis*, conhecida vulgarmente no Brasil por Taboa. Este trabalho apresenta resultados preliminares de um sistema de tratamento terciário de chorume, denominado "Sistema De barreira bio-química" construído na Estação de Tratamento de Chorume do Aterro da Muribeca. Este sistema combina os efeitos de fitorremediação com os de barreira reativa de contenção de contaminantes no solo. O processo de descontaminação ocorre de duas formas: poluentes são degradados por microrganismos e absorvidos pelas raízes, os quais nelas são armazenados ou transportados e acumulados nas partes aéreas das plantas e, por outro lado, a barreira de solo reativa ao entrar em contato com o chorume reage quimicamente promovendo a retenção de contaminantes, além de funcionar como uma barreira física para poluentes em suspensão. A eficiência do sistema foi avaliada através das características físico-químicas do chorume, antes e após terem sido submetidos ao tratamento. Os resultados obtidos mostram a viabilidade do sistema na remoção de poluentes, principalmente no que se refere ao metais pesados.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de Chorume, Barreira Reativa, Fitorremediação.

INTRODUÇÃO

A prática de remediação de solos e águas *in situ* pode ser considerada recente em relação a outras áreas mais tradicionais da engenharia, seu desenvolvimento teve início na década de 70. Desde então, tem havido um acelerado crescimento de informações e conhecimentos sobre a eficiência e limitações das diferentes técnicas desenvolvidas.

Uma das técnicas utilizadas para o tratamento passivo dos contaminantes envolve a execução de uma barreira reativa permeável *in situ* ao longo do percurso do contaminante. A medida que o efluente percola passivamente através do reator os contaminantes vão sendo degradados e/ou retidos através de processos físicos, químicos ou biológicos,

prevenindo-se a contaminação a jusante da barreira. A escolha do material a ser utilizado na barreira reativa deve ser de tal maneira que se garanta a sua reatividade por um prolongado período de tempo. Além disso, é necessário que o material constituinte da barreira não lance contaminantes adicionais ao sistema e que esteja disponível em larga escala por um preço viável.

Outra técnica de remediação *in situ*, que não é novidade, é o uso de wetlands artificiais no tratamento de água residuária. O fato desses sistemas constituídos de plantas aquáticas possuírem alta capacidade de adsorção de contaminantes na superfície dos sedimentos e nas raízes das plantas, além de uma população microbiana ativa, o aponta como uma alternativa de baixo custo e adequada ao tratamento de chorume.

Este trabalho avalia o consorcio das técnicas de barreira reativa e fitorremediação, a fim de desenvolver um sistema de baixo custo, eficiente e de fácil operação para tratamento, *in situ*, de chorume de aterros sanitários. O objetivo é estudar a eficiência de diferentes tipos de materiais usados para compor a barreira, através de correlações de fatores como características físicas e químicas do chorume, antes e após terem sido submetidos ao tratamento.

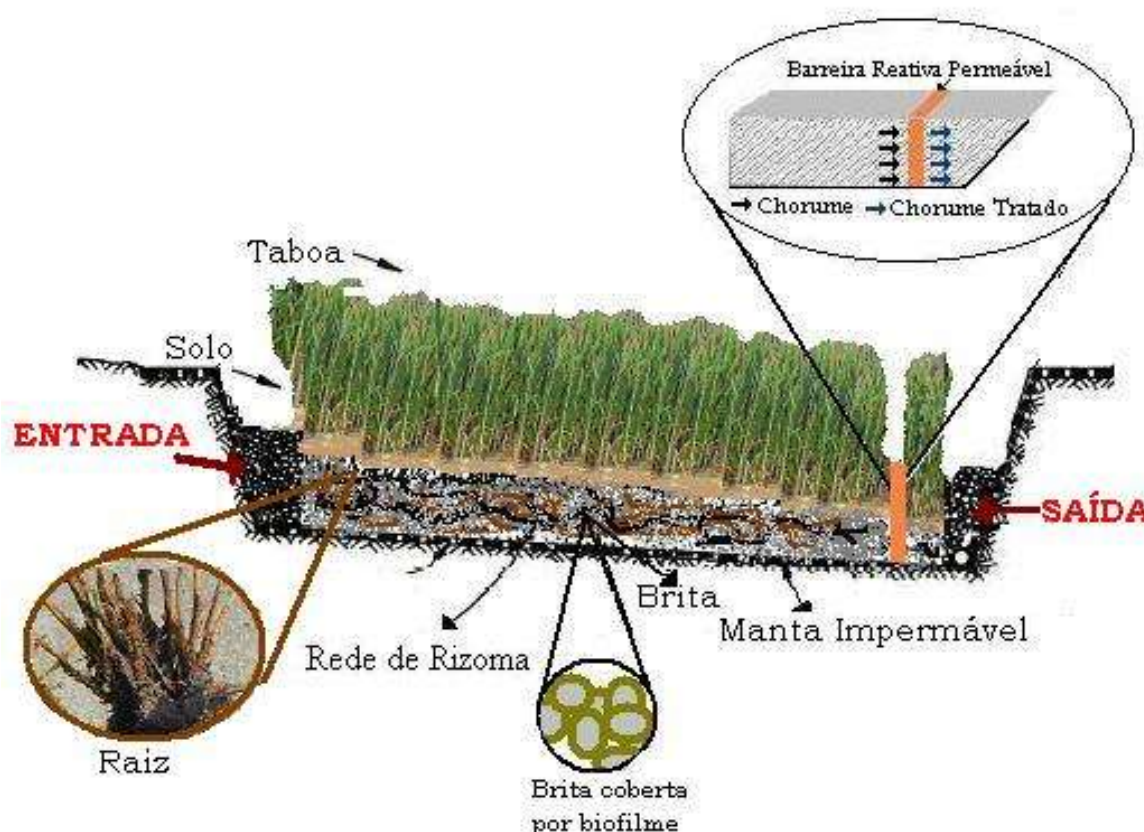


Figura 1. Desenho esquemático do Sistema da Barreira Bio-Química.

MATERIAIS E MÉTODOS

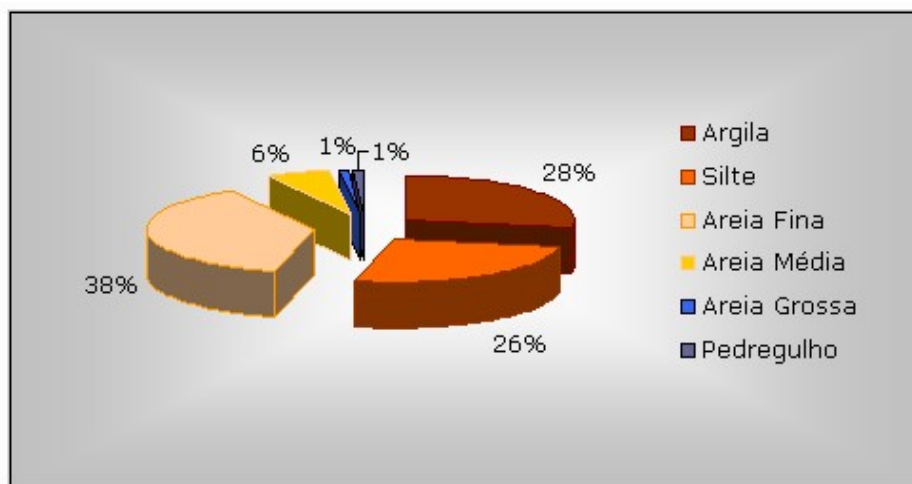
Para realização desta pesquisa foi construída uma célula no Aterro da Muribeca, localizado na Região Metropolitana do Recife – PE. A célula possui 27,5m de comprimento, 1,5m de largura, 2m de altura e inclinação de 1%. Sua base foi revestida por uma manta de PEAD e por duas camadas de geotêxtil na parte central, onde foi construído um leito formado por gabiões contendo pedras com granulometria diferente, pedras grandes nas laterais e na base brita de diâmetro variando de 19 e 25 cm, sobre o qual se coloca solo, que serve de substrato para a vegetação.

A uma distância de 1m da saída do efluente foi colocada uma barreira de solo com 1,2m de altura e 0,10m de espessura. Foram examinados, até o momento, dois tipos de materiais para compor a barreira:

a) **BRS-1**: barreira reativa de solo composta por 100% de argila. As propriedades físico-químicas da argila são mostradas na Tabela 1, enquanto que sua granulometria é apresentada na Figura 2.

Tabela 1. Análise físico-química do solo da Barreira Reativa BRS-1.

Parâmetro	Solo Vigem
pH (H ₂ O)	4,61
Permeabilidade (cm/s)	10 ⁻⁶
CTC (cmol/dm ³)	5,3
Condutividade Elétrica (mmhos/cm)	1,724
Matéria Orgânica (%)	3,07
C (%)	1,78
P (mg/dm ³)	8
Ca (cmol/dm ³)	0,55
Mg (cmol/dm ³)	0,15
Na (cmol/dm ³)	0,04
K (cmol/dm ³)	0,04
Al (cmol/dm ³)	0,95
H (cmol/dm ³)	3,58
Extrato de Saturação (meq/l)	2,5
Ca ⁺⁺	10
Mg ⁺⁺	6
Na ⁺	3
K ⁺	0,8
CO ₃ ⁻⁻	2,6
HCO ₃ ⁻⁻	6
Cl ⁻	Forte presença.
SO ₄ ⁻⁻	

**Figura 2. Composição granulométrica do solo da Barreira Reativa BRS-1.**

b) **BRS-2**: barreira reativa de solo composta por 99% de areia e 1% de carvão ativo. As propriedades físico-químicas da mistura areia/carvão são mostradas na Tabela 2, enquanto que a granulometria é apresentada na Figura 3.

Tabela 2. Análise físico-química do solo da Barreira Reativa BRS-2.

Parâmetro	Solo Vigem
pH (H ₂ O)	6,81
CTC (cmol/dm ³)	0,8
Condutividade Elétrica (mmhos/cm)	0,068
Matéria Orgânica (%)	0,95
C (%)	0,55
P (mg/dm ³)	20
Ca (cmol/dm ³)	0,20
Mg (cmol/dm ³)	0,20
Na (cmol/dm ³)	0,03
K (cmol/dm ³)	0,02
Al (cmol/dm ³)	0,00
H (cmol/dm ³)	0,08
Extrato de Saturação (meq/l)	0,25
Ca ⁺⁺	1,5
Mg ⁺⁺	0,31
Na ⁺	0,11
K ⁺	0,40
CO ₃ ⁻⁻	0,40
HCO ₃ ⁻⁻	1,5
Cl ⁻	Ausente
SO ₄ ⁻⁻	

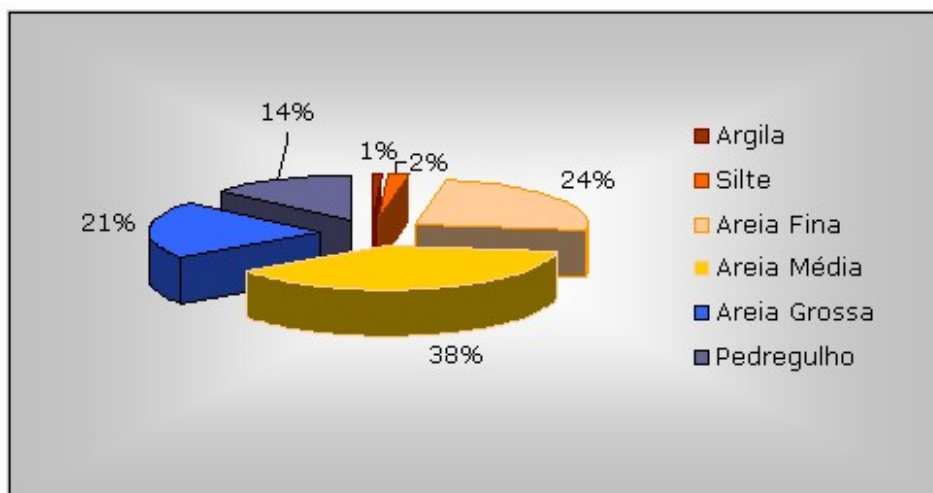


Figura 3. Composição granulométrica do solo da Barreira Reativa BRS-2.

Uma camada de solo argiloso e outra de solo turfoso, respectivamente, foram usadas na cobertura do leito para servirem de substrato para a vegetação. Foram estabelecidos dois pontos de coleta: um na entrada e outro na saída do efluente submetido ao tratamento.

Após a preparação do leito foram transplantadas para célula cerca de 300 mudas da espécie aquática *Typha domingensis*, conhecida vulgarmente no Brasil por Taboa.

Tendo dada a partida no sistema, tiveram início as coletas de amostras de chorume nos pontos previamente estabelecidos. O material coletado foi enviado aos laboratórios competentes para análises físico-químicas, tais como: pH, cor, turbidez, alcalinidade, DBO, DQO, nitrito, nitrato, amônia, metais, etc.

RESULTADOS

Os resultados deste trabalho são considerados preliminares, pois esta investigação está em andamento, buscando-se o aumento da eficácia do sistema. Para as barreiras estudadas até o presente, observou-se que a eficácia variou de acordo com a composição do material de enchimento da barreira reativa. O resultado mais significativo observado nas análises da eficiência do leito de pedras e plantas foi a remoção de nitrato, com valores variando entre 8,8 e 25,7%. Essas reduções no teor de nitrato se deve ao fato dos mesmos serem utilizados no metabolismo das plantas que compõem o leito.

BRS-1: BARREIRA 100% DE ARGILA

A Tabela 3 mostra as análises do chorume antes e após a passagem pelo sistema de barreira bio-química operando com a BRS-1.

Tabela 3- Resultados do sistema operando com 100% de argila (BRS-1).

Parâmetro	Entrada	Saída	Remoção (%)
Turbidez (UT)	37,6	27,1	27,9
STD (mg/l)	7.170	6.950	3,1
Condut.Elétrica (uS/cm)	14.370	13.930	3,1
Alcalinidade (mg/l em CaCO ₃)	3.760	3.600	4,3
Dureza (mg/l)	880	880	0,0
Cálcio (mg/l)	192	192	0,0
Magnésio (mg/l)	97	97	0,0
Sódio (mg/l)	1.416	1.360	4,0
Potássio (mg/l)	1.836	1.736	5,4
Cloretos (mg/l)	2.640	2.400	9,1
Sulfatos (mg/l)	400	9	97,7
Nitrito (mg/l)	2,30	1,70	26,1
Nitrato (mg/l)	2,88	2,38	17,4
Amônia (mg/l)	78,0	56,0	28,2
Ferro (mg/l)	52,2	38,8	25,6
Cobre (mg/l)	0,69	0,72	-4,3
Zinco (mg/l)	0,02	0,39	-1.850
Cádmio (mg/l)	ND	ND	
Manganês (mg/l)	1,48	0,53	64,2
Cromo (mg/l)	0,64	0,34	46,9
DBO (mg/l)	798	434	45,6
DQO (mg/l)	2.816	2.336	17,1
Óleos e Graxas (mg/l)	117	58	50,9
ST(mg/l)	9.652	8.720	9,7
STV (mg/l)	2.420	1.895	21,7

Dos resultados apresentados na Tabela 3, destaca-se a elevação acentuada de zinco entre os pontos PE e PS, o que indica a contaminação do sistema pelo material usado na fabricação dos gabiões que compõem o leito de pedras, que já está sendo substituído. O Cu teve comportamento semelhante ao Zn, só que em menores proporções. Esse comportamento pode estar relacionado ao fato desses metais existirem sob diversas formas: em solução na forma iônica ou na forma de complexos solúveis orgânicos ou inorgânicos; formando ou ficando retidos às partículas coloidais minerais ou orgânicas; ficando retidos no sedimento; ou incorporados à biota.

Particularmente, no que se refere a DBO, DQO, STV e óleos e graxa, remoção de 46, 17, 22 e 51%, respectivamente, é um resultado bastante satisfatório. Essa remoção, provavelmente, é resultado tanto de retenção física como adsorções iônicas e biodegradação por microrganismos aderidos aos grãos do solo da barreira.

A Figura 4 apresenta as principais contribuições do sistema operando com a BRS-1 na remoção de metais. Como pode ser observado o melhor resultado foi com relação ao Mn, seguido por Cr e Fe. A intensidade dos processos de transformação dos poluentes sofre influência do pH, da temperatura e demais características do chorume e do solo da barreira. No caso desses metais, a diminuição das concentrações no efluente final, pode ter ocorrido devido a baixa velocidade de fluxo através da barreira, favorecendo a sedimentação, enquanto o pH elevado e a força iônica do solo induziram a precipitação.

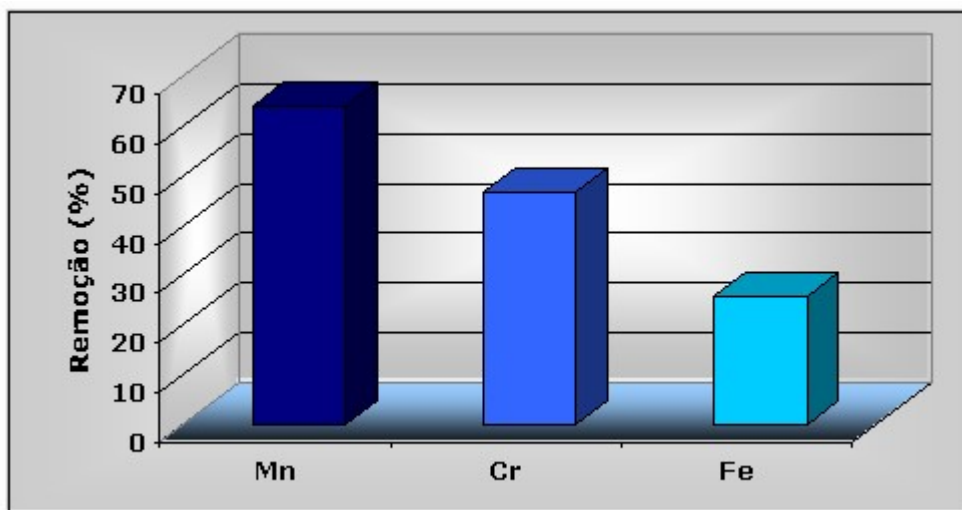


Figura 4: Principais contribuições do sistema operando com a BRS-1 na remoção de metais.

BRS-2: BARREIRA 99% AREIA + 1% CARVÃO ATIVO

A Tabela 4 mostra as análises do chorume antes e após a passagem pelo sistema de barreira bio-química operando com a BRS-2.

Tabela 4: Resultados operando com 99% areia e 1% carvão ativo (BRS-2).

Parâmetro	Entrada	Saída	Remoção (%)
Turbidez (UT)	3,0	2,5	15,5
STD (mg/l)	5.320	5.480	-3,0
Condut.Elétrica (uS/cm)	10.680	10.970	-2,7
Alcalinidade (mg/l em CaCO ₃)	3.410	3.490	-2,3
Dureza (mg/l)	800	700	12,5
Cálcio (mg/l)	160	160	0,0
Magnésio (mg/l)	97	73	24,7
Sódio (mg/l)	830	885	-6,6
Potássio (mg/l)	1.160	1.235	-6,5
Cloretos (mg/l)	1.500	1.600	-6,7
Sulfatos (mg/l)	218	160	26,6
Nitrito (mg/l)	1,60	1,60	0,0
Nitrato (mg/l)	1,70	1,50	11,8
Amônia (mg/l)	47,6	50,8	-6,7
Ferro (mg/l)	5,15	24,44	-374,6
Cobre (mg/l)	0,20	0,42	-110,0
Zinco (mg/l)	0,14	0,48	-242,9
Cádmio	0,01	0,01	0,0

A Tabela 4 mostra que a eficiência de remoção dos parâmetros estudados no sistema operando com BRS-2, quando comparados a BRS-1, foi insatisfatória, exceto para os valores de dureza e magnésio. No que se refere ao Zn, nota-se que a quantidade diminuiu consideravelmente em relação ao que foi medido no efluente anteriormente. Isto ocorreu porque o zinco presente nos gabiões vem sendo degradado e eliminado, gradativamente, do sistema no decorrer do tempo.

A superioridade dos resultados apresentados pelos sistemas de barreira bio-química operando com BRS-1, sobre os de BRS-2, podem estar relacionados, diretamente as propriedades físicas (Figuras 2 e 3) e químicas (Tabelas 1 e 2) dos materiais de enchimento e, indiretamente, com a diminuição do tempo de detenção de BRS-2, que é consequência da alta permeabilidade da mistura areia/carvão ativo.

CONCLUSÕES

O sistema de barreira bio-química é uma alternativa viável para o tratamento do chorume. É um sistema flexível e pode ser ajustado caso a caso de acordo com as características do chorume. Estudos mais aprofundados com relação a composição ideal do leito e do material de enchimento da barreira servirão para melhorar a eficiência do tratamento que se apresenta como promissor, tendo em vista os resultados obtidos preliminarmente. Além da eficácia na remoção de contaminantes, o sistema tem a vantagem de não requerer mão-de-obra especializada, ser de baixo custo e fácil operação, podendo ser usado como tratamento primário ou secundário em aterros manuais, a depender das características do chorume.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BULC, T.; Vrhovšek, D.; Kukanja, V. The use of constructed wetland for landfill leachate treatment. *Water Science technology*, vol. 35, n.5, p. 301-306: Elsevier Science Ltda, Grã Bretanha, 1997.
2. DIAS, V. N. et al. Fito-etars: pressuposto teórico de funcionamento e tipos. *Água e Resíduos*, Lisboa, n. 12, junho 1999.
3. GUSMÃO A. D. Projeto de Barreiras Reativas. In: 4º Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental – REGEO99, São José dos Campos – SP, Vol 1, p. 486-499.
4. Jucá, J. F. T. Disposição Final dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil. In: 5º Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental – REGEO2003, Porto Alegre, RS.
5. Jucá, J. F. T.; Melo, V. L. A; Beltrão, K. G. Q. B; Paes, R. F. C. *Sistema de Tratamento de Chorume Proposto para o Aterro da Muribeca, Pernambuco – Brasil*. X Silubesa – Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Braga, Portugal, Setembro de 2002.
6. MÆHLUM, T.; HAASRTAD, K.; KRAFT, P. I. On-site treatment of landfill leachate in natural systems. In: Fifth International Landfill Symposium, 1995, Sardinia. *Anais...* Sardinia: CISA, 1995. p. 463-468.