

CONTAMINAÇÃO DA BACIA DO RIO SALGADO POR INFLUÊNCIA DO CHORUME E POSSÍVEL TRATAMENTO ATRAVÉS DE BIOSORVENTES

Rodolfo José Sabiá¹, Dagmar Landim Silva, Glauco Democlito Tavares de Barros, Yannice Tatiane da Costa Santos, Francisco de Assis Vilar Sobreira Junior, Anna Flávia de Oliveira Lima

Resumo

A produção de lixo em determinados municípios vem crescendo de maneira alarmante. Em algumas cidades a quantidade de resíduos produzidos tem sido superior ao do índice de crescimento populacional. A partir da acumulação dos resíduos surge uma preocupação com a geração de chorume, líquido enriquecido de matéria orgânica e inorgânica originado da degradação dos resíduos sólidos. Neste contexto, este artigo aborda a influência do chorume gerado no Lixão municipal de Juazeiro do Norte-CE nos corpos hídricos que estão presentes na Bacia hidrográfica do rio Salgado. Apresentando dados que comprovam que os índices de metais pesados encontrados nas águas dos mananciais da bacia do Rio Salgado, estando bem à cima dos níveis permitidos pelas resoluções 357 e 430 do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Além disso, a revisão de literatura mostra que o uso de biossorventes para a redução da concentração de metais pesados, através da adsorção, tem se mostrado eficiente.

Palavras-Chave: Chorume. Contaminação. Rio Salgado. Biossorventes. Adsorção.

CONTAMINATION OF SALTY RIVER BY THE INFLUENCE OF MANURE AND POSSIBLE TREATMENT THROUGH BIOSORBENTS

Abstract

The production of waste in certain municipalities is growing alarmingly. In some cities the amount of waste produced has been higher than the rate of population growth. From the accumulating waste arises a concern with the generation of leachate, liquid enriched with organic and inorganic matter originated from the degradation of the waste and the percolation of water from the rain in them. In this context, this article discusses the influence of manure generated in the city of Juazeiro do Norte - CE in water bodies that are present in the Watershed study. Presenting data showing that rates of heavy metals found in "Rio Salgado", being well above the levels allowed by resolutions 357 and 430 National Council of the Environment. Furthermore, analytically shown that the use of the biosorbents for reducing the concentration of heavy metals by adsorption is shown to be efficient.

Keywords: Manure. Contamination. Rio Salgado. Biosorbents. Adsorption.

¹ Doutorado em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela Universidade Federal do Ceará e, Pós Doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Estadual Paulista- Unesp (2015). Professor associado do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Regional do Cariri. Autor correspondente.

² Universidade Regional do Cariri – URCA, Ceará – Brasil.

Introdução

A população mundial supera hoje a marca de sete bilhões de pessoas, das quais em torno de 201 milhões vivem no Brasil. Com este crescimento populacional observa-se um aumento significativo na produção de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) visto que a demanda por bens de consumo duráveis e não duráveis aumenta consideravelmente devido à nova mentalidade consumista da população. Segundo Ramos (2004), em nosso planeta são gerados cerca de dois milhões de toneladas de resíduos domiciliar e comercial a cada dia, o que equivale a uma média de aproximadamente 0,7 kg/dia por habitante de área urbana. Em levantamento realizado pelo IBGE, a situação dos municípios brasileiros referentes à disposição final dos RSU, era a seguinte: 76% na forma de lixão (dispostos a céu aberto), 13% em lixão controlado (aterrado) e 10% em aterro sanitário, 0,9% usina de compostagem e 0,1% usina de incineração (IPT, 2000).

Com a disposição desses lixões observa-se que a contaminação por metais pesados é bastante vigorante nestas áreas. Para McBride (1994), o impacto do excesso de metais pesados no solo depende principalmente da quantidade e das formas químicas em que se encontram. Os metais pesados no solo podem estar presentes em minerais primários e secundários de diferentes formas: solúvel, trocável, ocluso ou fixado aos minerais, precipitados com outros compostos, na biomassa, e complexado na matéria orgânica (OLIVEIRA; COSTA, 2004). Entre os componentes inorgânicos presentes no percolado de aterro sanitário estão os metais pesados, tais como cobre, chumbo e zinco que, considerando-se os riscos que proporcionam ao meio físico e biótico, devem ser monitorados com atenção (SILVA, 2002).

Segundo Maturana (2000), o chorume é formado pela digestão de matéria orgânica sólida, por ação de exoenzimas produzidas por bactérias. A função dessas enzimas é solubilizar a matéria orgânica para que possa ser assimilada pelas células bacterianas. A umidade tem grande influência na formação do chorume já que um alto teor de umidade favorece a decomposição anaeróbia. A produção de chorume depende das condições peculiares de cada caso, principalmente da topografia, geologia, regime e intensidade das chuvas. As águas de chuva, bem como de nascentes, percolam através do lixo e carregam o chorume e a matéria orgânica dando origem ao líquido percolado.

O volume de percolado produzido em aterros sanitários depende dos seguintes fatores: precipitação na área do aterro, escoamento superficial e/ou infiltração subterrânea, umidade natural do lixo, grau de compactação, capacidade do solo em reter umidade, entre outros (MATURANA, 2000).

O impacto produzido pelo chorume no meio ambiente é bastante acentuado principalmente em relação à poluição das águas. A percolação do líquido no aterro pode provocar a poluição das águas subterrâneas e superficiais, sendo que uma das primeiras alterações observadas é a redução do teor de oxigênio dissolvido e, conseqüentemente, alteração da fauna e flora aquática (CHRISTENSEN et al., 2001; FENT, 2003). Estudos recentes demonstram que efeitos adversos podem ser observados no solo, mesmo a distâncias superiores a 100 m do aterro, assim como alterações na biota aquática, principalmente nas imediações da descarga (KJELDSEN et al., 2002; BAUN et al., 2004).

Segundo Furtado (2007), apesar de todos os esforços, a qualidade das águas está se deteriorando cada vez mais rápido, devido à crescente concentração populacional, falta de saneamento básico, poluição industrial, transporte de petróleo e também pela contaminação por metais pesados em diversos ambientes.

A toxicidade cumulativa e o impacto ambiental dos metais pesados têm motivado preocupação no decorrer dos últimos anos, elevando significativamente as pesquisas com o intuito de desenvolver tecnologias alternativas para a remoção de substâncias nocivas ao ambiente provenientes de efluentes industriais (REDDY *et al.*, 2009). O tratamento de efluentes industriais contendo metais pesados pode ser feito utilizando métodos como troca iônica, precipitação química, ultra-filtração e osmose reversa. No entanto esses métodos apresentam desvantagens como ineficiência quando a concentração do contaminante é baixa, remoção incompleta, necessidade de estrutura e manutenção dispendiosa e a geração de resíduos como lama tóxica (SARI *et al.*, 2007; SÓLENER *et al.*, 2008; VIMALA; DAS, 2009).

O processo de biossorção apresenta grande potencial no tratamento de efluentes indústrias surgindo como alternativa competitiva frente às tecnologias convencionais, e os princípios que o cercam precisam ser bem conhecidos evitando o fracasso do tratamento (DAVIS *et al.*, 2003; VOLESKY *et al.*, 2001). Além de ser uma tecnologia segura e eficiente para tratar soluções diluídas contendo metais pesados, esse processo utiliza sólidos de origem natural que apresentam capacidade de concentrar metais pesados como biossorventes. O processo de biossorção apresenta vantagens comparado aos métodos tradicionais, tais como: alta eficiência na remoção de metais pesados e baixo custo dos biossorventes, além da possibilidade de recuperação do metal extraído (GUPTA; RASTOGI, 2008; REDDY *et al.*, 2009).

A adsorção é geralmente usada na remoção de compostos orgânicos refratários, ou metais presentes em diversos tipos de efluentes. Esse fenômeno é conhecido desde o séc. XVIII, quando foi observado que uma determinada espécie de carvão retinha nos seus poros grandes quantidades de vapor de água, o qual era liberado depois de submetido a aquecimento (ALVES, 2005). É uma operação unitária que envolve o contato entre um sólido e um fluido, originando uma transferência de massa da fase fluida para a superfície do sólido. São duas as fases entre as quais os constituintes se distribuem diferentemente, havendo uma tendência de acúmulo de uma substância sobre a superfície da outra (FERNANDES, 2005.) No tratamento de efluentes industriais a adsorção é empregada, principalmente, na remoção de corantes e metais pesados (MOTTA, 2011).

O adsorvente mais utilizado é o carvão ativo que é um produto quimicamente inerte, usado para a remoção de impurezas dissolvidas nos produtos a serem tratados. Porém, a capacidade do carvão ativo em adsorver compostos é dependente de vários fatores, como: o processo de ativação a que o carvão foi submetido, granulometria, área superficial, densidade, pH, teor de cinzas, estrutura interna dos poros, presença de grupos funcionais na superfície dos poros que conferem alta reatividade da superfície, dimensões dos poros e alta resistência mecânica, que é muito eficiente. Adsorventes alternativos vêm sendo estudados (AHMEDNA *et al.*, 2000). Os resíduos agrícolas são particularmente interessantes, pois são abundantes, baratos, exigem pouco preparo e vem se mostrando eficientes adsorventes. (MOTTA, 2011).

Em virtude da crescente poluição de nossos rios, faz-se hoje imperativo a busca de maiores esforços para o controle dessa poluição. Uma das formas de se controlar essa poluição é justamente estudar e conhecer a

capacidade de autodepuração de cada corpo hídrico, estimando a quantidade de efluentes que cada rio é capaz de receber sem que suas características naturais sejam prejudicadas.

Metodologia

Área de estudo

O estudo foi implementado na Bacia Hidrográfica do Rio Salgado no trecho entre o açude Tomás Osterne, em Crato, e a Cachoeira em Missão Velha. Analisou-se a concentração de metais pesados nas águas dos rios Carás e Salgado, respectivamente.

Tendo em vista o Lixão Municipal de Juazeiro do Norte e sua influência nos corpos hídricos na bacia do rio Salgado, foram realizadas coletas de chorume local e coleta em pontos amostrais durante o trajeto do rio Carás e Rio Salgado por três cidades: Crato, Juazeiro do Norte, e Missão Velha. Dentre as formas de contaminação por metais pesados foi feito um estudo voltado para a contaminação gerada pelo chorume.

Tomando como base a origem do chorume, o percolado foi coletado em um ponto do Lixão Municipal de Juazeiro do Norte próximo ao rio Carás, rio este que integra boa parte da micro-bacia do Salgado.

Método de coleta

O percolado foi coletado no Lixão Municipal de Juazeiro do Norte manualmente por catadores em recipientes previamente limpos. No período chuvoso, as amostras foram adquiridas com a parceria de pesquisadores do IFCE campus Juazeiro do Norte que disponibilizaram o chorume para sua posterior análise. O chorume foi retirado de valas presentes no lixão, ficando acumulado devido à ação das chuvas e da umidade presente no lixo, o percolado foi depositado em galões de polietileno e posteriormente foi transportado ao Laboratório de Águas, Efluentes e Metais Pesados da URCA (LAEMP).

Em seguida, foi realizado o diagnóstico da qualidade das águas em cinco pontos amostrais com quatro campanhas para cada um dos pontos no rio Carás desde o açude Thomás Osterne, observando à poluição gerada pelo chorume, a partir do ponto próximo do lixão de Juazeiro do Norte, até a Cachoeira localizada no município de Missão Velha. A coleta foi realizada com recipientes de polietileno com volume de 500 ml, previamente limpos com detergente neutro e água destilada. Após a coleta foi efetivado o Georeferenciamento dos pontos de coletas. Os pontos bem como sua posição geográfica estão indicados na tabela 01.

Tabela 01 - Pontos de coleta e suas localizações.

Ponto de coleta	Localidade	Posicionamento Geográfico
Ponto 1	Açude UMARI no Município de Crato	S-07°05.644' W-39°29.085'
Ponto 2	Ponte no trajeto Juazeiro do Norte/Caririaçu a montante do rio.	S-07°18.275' W-39°18.284'
Ponto 3	Ponte no trajeto Juazeiro do Norte/Caririaçu a jusante do rio.	S-07°08.175' W-39°18.289'
Ponto 4	Sítio Arraial em Missão Velha.	S-07°12.450' W-39°10.897'
Ponto 5	Cachoeira de Missão Velha.	S-07°13.377' W-39°08.676'

Fonte: Elaborada pelo autor – GPS GARMIN, modelo eTrex H.

Método de análise

A digestão foi feita para solubilizar os metais da amostra, quando ocorre a digestão todo o metal presente fica solúvel na amostra, tornando-se mais fácil sua detecção, bem como o valor obtido será do metal em sua concentração total. Foi realizada a homogeneização das amostras, medindo o volume de 100 mL, e colocando em um béquer de 500 mL. Fez-se uma marca nos Beckers de aproximadamente 10 ml. A amostra foi levada para uma capela e adicionado 4 mL de ácido nítrico P.A. e deixou-se evaporando até a marca de 10 mL. Aguardou-se a amostra apresentar um extrato líquido límpido e esfriando à temperatura ambiente. Em seguida adicionou-se 2,5 mL de ácido clorídrico P.A., o béquer da amostra foi coberto com vidro de relógio e deixado por cerca de 30 minutos em refluxo, mantendo o volume com água deionizada. Esperou-se evaporar a amostra até cerca de 10 mL e transferiu-se a amostra digerida para um balão volumétrico de 50 mL, aferido com água deionizada. Logo após a amostra foi filtrada em uma bomba de vácuo (NOGUEIRA, 2009).

Realizada a digestão, as amostras foram analisadas observando as concentrações dos metais Cd, Ag, Cr, Cu, Ni, utilizando o Espectrotômetro de Absorção Atômica de Chamas SENS AA do LAEMP.

Essas amostras foram analisadas e posteriormente foram realizadas checagens da presença de metais pesados utilizando Espectrofotometria de Absorção Atômica de Chamas. Após as checagens foram realizados testes com determinados biossorventes e posteriormente uma nova análise por espectrofotometria de absorção atômica de chamas para avaliar a quantidade de metal que foi adsorvida nas amostras.

Realizou-se um estudo com os possíveis biossorventes que seriam utilizados para a adsorção dos metais presentes no chorume. O estudo experimental de adsorção de biossorventes iniciou-se com a coleta e secagem natural das cascas de banana (*Musa sp*), estabelecendo um período de quatro dias expostas ao sol para desidratá-las. O processo foi repetido para a utilização da serragem da madeira de sabiá (*Mimosa caesalpineafolia*). Logo após,

realizou-se a trituração das cascas utilizando o moinho e o pó obtido foi pesado em amostras de 5g. Outro bioissorvente utilizado foi o carvão ativo obtido do endocarpo do coco babaçu.

Os ensaios de pirólise foram realizados usando 80 gramas de endocarpo de coco babaçu, inicialmente as amostras foram levadas a estufa por 30 minutos na temperatura de 100 °C para retirar a umidade. Em seguida o material foi pesado e colocado na mufla e pirolisado para a produção do carvão do coco babaçu (*Orbignya spp*). Para cada um dos ensaios de pirólises adotou-se taxa de aquecimento de 7,5 °C/min, tempo de residência de 1,0 minuto e temperatura final 550 °C. Após atingida a temperatura desejada em cada experimento, a cápsula contendo o material era retirada do interior da mufla e imediatamente colocada na balança semianalítica anotando em seguida o valor registrado.

A amostra foi atomizada na chama, através da qual passou por radiação com comprimento de onda adequado a cada elemento que foi analisado. A quantidade de radiação absorvida foi uma medida quantitativa da concentração do elemento analisado. A amostra foi lançada na chama que atingiu altas temperaturas. Durante a combustão, os átomos da amostra são reduzidos ao estado atômico. Um feixe de radiação foi emitido por uma lâmpada cujo cátodo é feito do elemento que foi especificado. A radiação depois de atravessada a chama passa por um monocromador e atinge o detector. Os átomos livres no estado fundamental absorvem radiação a comprimentos de onda característicos de cada elemento. A redução de energia da radiação no comprimento de onda característico do analítico é uma medida da quantidade desse elemento na amostra.

Com os testes de bioissorção, foram postos em contato com o chorume bruto as cascas de banana, a serragem de sabiá e o carvão ativo do coco babaçu, além da mistura dês três amostras.

Os bioissorventes foram colocados em contato com o chorume e após um prazo de 24 horas foi realizada a filtragem do líquido restante. Posteriormente realizou-se a análise por Espectrometria de Absorção Atômica de Chamas. Os resultados obtidos foram avaliados e comparados com as RESOLUÇÕES CONAMA 357 e 430 observando se há existência dos metais: Cd, Ag, Cr, Cu e Ni.

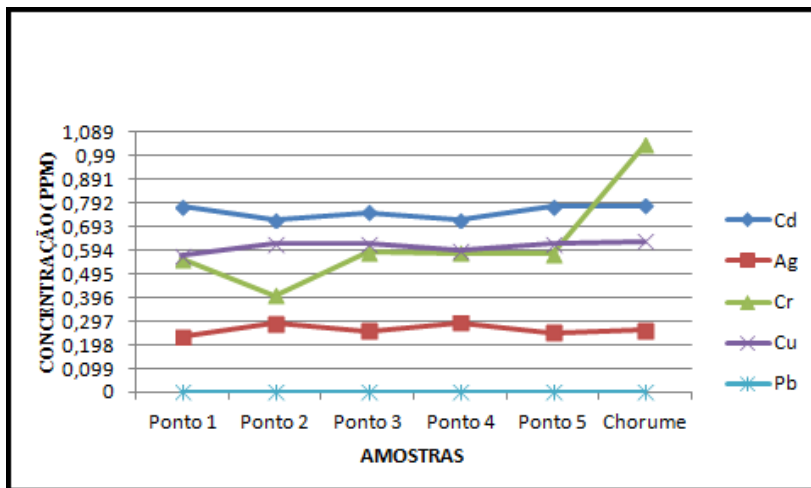
Resultados

Os resultados das análises de detecção de metais pesados nas amostras de águas bem como a do chorume estão apresentados na Tabela 02 e na Figura 01.

Tabela 02 - Variação de concentração média de metais pesados em mg/L.

Amostras	Cd	Ag	Cr	Cu	Ni	Pb
Ponto 1	0,779	0,233	0,557	0,571	ALTO	0
Ponto 2	0,723	0,287	0,405	0,622	ALTO	0
Ponto 3	0,752	0,256	0,587	0,622	ALTO	0
Ponto 4	0,753	0,291	0,584	0,595	ALTO	0
Ponto 5	0,778	0,249	0,580	0,624	ALTO	0
Chorume	0,780	0,260	1,036	0,634	ALTO	0

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 01- Concentrações de metais pesados em águas da bacia hidrográfica do Rio Salgado

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os valores da Tabela 02 referente a sigla ALTO significam a estrapolação do limite superior de detecção do equipamento que para o Ni é de 15 mg/L.

Os dados obtidos foram comparados com os limites estabelecidos pelas resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente 357 e 430 presentes na Tabela 03. O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA foi instituído pela Lei 6.938/81 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto 99.274/90.

Tabela 03 - Limites de concentrações permitidas de churume

Elementos	Resolução CONAMA 357	Resolução CONAMA 430
Cádmio	0,001 mg/L Cd	0,2 mg/L Cd
Prata	0,01 mg/L Ag	0,1 mg/L Ag
Cromo	0,05 mg/L Cr	1,0 mg/L Cr+3
Cobre	0,009 mg/L Cu	1,0 mg/L Cu
Níquel	0,025 mg/L Ni	2,0 mg/L Ni
Chumbo	0,01mg/L Pb	0,5 mg/L Pb

Fonte: Resolução CONAMA 357 e 430.

Comparando os dados da tabela 02 com os da Tabela 03 observa-se que, segundo as Resoluções CONAMA 357, que estabelece os limites máximos aceitos em águas superficiais, e Resolução CONAMA 430, que dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, a concentração de Cádmio, Prata e Níquel em todos os pontos ficou acima dos limites permitidos pelas Resoluções.

Esses valores bem acima do estabelecido devem ser entendidos como resultado da contaminação das águas por resíduos sólidos, já que no açude Tomas Osterne, em todas as campanhas, verificou-se a presença de resíduos sólidos nas águas próximo ao ponto de coleta. Os dois pontos subsequentes recebem contribuições do lixão de Juazeiro do Norte e os últimos dois pontos já no município de Missão Velha recebem as contribuições do Rio Carás que pereniza o Rio Salgado.

A exposição ao Cádmio causa sintomas parecidos aos de envenenamento por alimentos. A acumulação deste metal no homem resulta na doença Itai-Itai, que produz problemas de metabolismo do cálcio, acompanhado de descalcificação, reumatismo, nevralgias e problemas cardiovasculares (TRAIN, 1979). Altas concentrações acumuladas nos organismos destroem o tecido testicular e as hemácias sanguíneas e podem levar a efeitos mutagênicos e teratogênicos (MANAHAM, 1994). As concentrações de cádmio podem atingir de 100 a 1000 vezes mais que as concentrações encontradas na água. O acúmulo de cádmio em solos na vizinhança de minas e fundições pode resultar em altas concentrações nas águas próximas. O cádmio é normalmente despejado na água por indústrias de perfumaria, cimento, cerâmica, refinarias de petróleo, reatores nucleares, têxteis, de clareamento de metais, plásticos, fabricação de carvão ativado e de produtos fotográficos (MARTIN et al. 1976). Alcântara (2011) e Araujo e Souza (2012) identificaram a presença de cádmio em lixões nos municípios de Cáceres-MT e Parelhas-RN, respectivamente.

O Níquel é um metal traço (pouco concentrado) que ocorre na natureza em meteoritos e em depósitos naturais, podendo também ser proveniente do derramamento de óleo cru. Contaminações ambientais por níquel podem causar alterações dos processos metabólicos, problemas respiratórios e dermatites (COELHO, 1990). É usado na fabricação de ligas, tais como as usadas na cunhagem de moedas, na obtenção de aço inoxidável e em fios (VON SPERLING, 1995).

Ainda com relação à RESOLUÇÃO 357, o cromo e o cobre apresentaram concentrações, respectivamente, acima de 0,05 mg/L e 0,009 mg/L. O cromo é um metal extremamente tóxico na sua forma hexavalente, o qual é lançado no meio aquático por indústrias de diversas origens, como curtumes, cromagem de metais, preparação de corantes, explosivos, cerâmicas e papel. É também originado do tratamento de minerais, na metalurgia, em indústrias eletroquímicas de cromados e ácido crômicos e produtos fotográficos (MARTIN *et al*, 1976). Com relação ao Cobre, as concentrações elevadas deste metal representam uma ameaça para a biota aquática, pois tem uma grande capacidade de se bioacumular em determinados tecidos vivos, magnificando suas concentrações ao longo da cadeia trófica, atingindo o homem. Além disso, pode desestruturar algumas proteínas enzimáticas essenciais ao ser vivo (PEREIRA, 2004). Becegato et al. (2010) identificaram teores de Níquel, Chumbo e Cromo em um lixão desativado da cidade de Lages - SC. Alcântara (2011) evidenciou a presença de As ($3,5 \text{ mg kg}^{-1}$), Cd ($> 0,5 \text{ mg kg}^{-1}$), Cr (40 mg kg^{-1}), Ni (13 mg kg^{-1}) e Pb (17 mg kg^{-1}) em um lixão no município de Cáceres-MT, sendo, em todas as amostras analisadas, os teores de tais elementos inferiores aos limites estabelecidos pela CETESB.

De modo geral, a toxicidade do cobre aumenta com a sua solubilidade, a adsorção do cobre é influenciada pelas variações de temperatura, salinidade, pH e dureza da água que modificam a permeabilidade dos tecidos agindo sobre a velocidade do metabolismo e da sua excreção (COELHO, 1990). Os compostos de cobre são venenosos e utilizados como fungicidas. Como exemplo, pode-se citar o sulfato de cobre, indicado para controlar diversas enfermidades dos vegetais. Além disso, é usado em piscinas para impedir o crescimento de alga, é ainda utilizado em tintas antiincrustantes para pintura de cascos de embarcações (FRANÇA, 1998). Araujo e Souza (2012) analisaram e confirmaram a presença de alumínio, cádmio, cobre, chumbo, cromo, ferro, níquel e zinco em um lixão no município de Parelhas-RN. Neste, “os Índices de Geoacumulação (IGEO) variam de não poluído para Al, Ni e Pb, e não poluído a moderadamente poluído para Cd, Zn, Cr, Cu e Fe”.

Avalia-se, também, que segundo a resolução CONAMA 430 o Cromo, o Cobre e o Chumbo estão dentro dos limites permitidos. Observa-se as concentrações de metais pesados do chorume produzidos no lixão Municipal de Juazeiro do Norte interligado por meio de um pequeno córrego que possivelmente é um meio de conexão entre o Chorume produzido no lixão e o rio Carás, que é um rio agrícola sem a presença de efluentes industriais, e parte integrante da bacia hidrográfica do Salgado, nota-se a influência do chorume neste corpo hídrico, isso demonstra lançamentos pontuais no rio Carás confirmando que o mesmo está contaminado, verifica-se ainda 25 Km a frente, no município de Missão Velha, concentrações ainda maiores de metais pesados. Isto pode ser explicado porque a concentração dos metais pesados em águas é conservativa significando que não há alta depuração. O valor crescente das concentrações nos pontos P4 e P5 são frutos do somatório da contribuição do rio Carás somado a concentração do Rio Salgado já que no sítio Jurema, em Juazeiro do Norte, o Carás pereniza as águas do rio Salgado.

Os resultados demonstram que as concentrações dos metais pesados analisados por espectrometria de absorção atômica, foram influenciadas pelo processo de adsorção e dessorção dos metais Ni, Cu, Cr, e Ag, devido ao tratamento com a adição de 5g de cada biossorbentes para 50 ml de chorume bruto digerido. Após as análises foi comprovado que os metais Ni, Cu, Cr e Ag sofriram maior adsorção em contato com os biossorbentes estudados.

Vale à pena salientar que a dessorção é um processo inverso a adsorção e que adsorver significa, neste caso, remover o metal pesado do chorume analisado, enquanto que dessorver diz respeito à transferência da quantidade total do metal presente no chorume e no biossorvente concentrando-se exclusivamente no chorume.

A adsorção por carvão ativo foi mais eficiente nos elementos cromo e prata. Com uma adsorção de 0,003 mg/L em relação ao Cromo e 0,072 mg/L com relação a prata.

A adsorção por casca de banana mostrou-se extremamente eficiente quando em contato com o níquel, realizando uma total adsorção do níquel presente no chorume bruto. Mostrou-se da mesma forma eficiente quanto ao cromo e a prata, com uma adsorção de 0,121 mg/L e de 0,059 mg/L, respectivamente.

A adsorção por madeira de Sabiá mostrou-se, da mesma forma que a casca de banana, extremamente eficiente quando em contato com o níquel, realizando uma total adsorção do níquel presente no chorume bruto. Além disso, mostrou-se eficiente quando em contato com o cobre, o cromo e a prata, realizando uma adsorção de 0,012 mg/L; 0,048 mg/L e de 0,047 mg/L respectivamente.

A mistura de biossorventes foi composta de 5 mg de cada um dos demais biossorventes estudados, apresentando os mais eficientes índices de adsorção entre os demais biossorventes. Com uma total adsorção do níquel 0,192 mg/L; 0,372 mg/L; 0,150 mg/L respectivamente de adsorção do cobre, cromo e a prata.

Os valores das concentrações de metais pesados encontrados nos pontos de coleta são bem superiores aos limites estabelecidos pelas resoluções CONAMA analisadas e pode-se afirmar que tais concentrações não têm vínculo com os despejos de efluentes industriais, pois o rio Carás é essencialmente agrícola. Neste caso, fica clara a hipótese de que o chorume dos resíduos sólidos está sendo incorporado às águas desses mananciais, outro fato que reforça essa hipótese é a similaridade das concentrações de metais na água dos pontos de coleta e no chorume coletado no lixão.

Conclusão

O pequeno córrego que interliga o lixão de Juazeiro do Norte a o rio Carás é um meio de conexão da contaminação das águas por metais pesados proveniente do chorume. O rio Carás é um rio agrícola sem a presença de efluentes industriais, e parte integrante da bacia hidrográfica do Salgado. Nota-se, também, a falta de consciência da sociedade e do poder político local, pois se verifica a presença constante de resíduos sólidos de todos os tipos, inclusive eletroeletrônicos, o que demonstra a inexistência de políticas e ações para garantir os níveis de enquadramento das águas.

Buscando soluções para o tratamento do percolado o processo de Biossorção trás inúmeras vantagens devido o seu baixo custo e significativa eficiência na adsorção de metais pesados. Ao analisar os resultados das concentrações dos metais pesados presentes nos diferentes biossorventes fica evidente que a mistura de todos os biossorventes foi a mais eficiente no processo de adsorção.

Fica evidente que os metais adsorvidos e dessorvidos pelas três biomassas, casca de banana, serragem da madeira de Sabiá e carvão ativo possuem boa seletividade, podendo ser utilizados em novos trabalhos para a identificação cádmio, prata, cobre, cromo e níquel, porém, não foi capaz de adsorver o chumbo, sendo restritivo para esse uso.

Recomenda-se, também, que novos estudos sejam feitos com tempos reduzidos de contato do chorume bruto com os biossorventes utilizados na pesquisa para que novos resultados e conclusões possam ser fomentados.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio e contribuição dado à Universidade Regional do Cariri – URCA, da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo fomento do projeto FUNCAP – PPP, como também aos pesquisadores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, Campus Juazeiro do Norte, pela parceria na digestão das amostras.

Referências

- AHMEDNA, M.; MARSHALL, W.E.; RAO, R.M. Surface properties of granular activated carbons from agricultural by-products and their effects on raw sugar decolorization. **Bioresource Technology**, n.71, 103-112. 2000.
- ALCANTARA, A.J.O. et al. Teores de As, Cd, Pb, Cr e Ni e atributos de fertilidade de Argissolo Amarelo distrófico usado como lixão no município de Cáceres, estado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 41, n. 3, 2011 .
- ALVES, C. Tratamento de águas de abastecimento, **Publindústria**, Edições Técnicas. 2005
- ARAÚJO, J.A.; SOUZA, R. F. Aporte antropogênico de metais pesados em sedimentos de corrente de áreas de lixão, urbanizadas e agrícola, em Parelhas-RN, região semiárida do Brasil. **Geografia**, v. 21, n. 3.p. 5-22, 2012.
- BAUN, A.; LEDIN, A.; REITZEL, L. A.; BJERG, P. L; CHRISTENSEN, T. H. Xenobiotic organic compounds in leachates from ten Danish MSW landfills: chemical analysis and toxicity tests. **Water Research**, v. 38, p. 3845–3858, 2004.
- BECEGATO, V.A. et al. Distribuição espacial de elementos radioativos e metais pesados no lixão desativado da cidade de Lages-SC. **Revista Geoambiente**, n.14, p. 121-135, 2010.
- COELHO, L.F.S. Química analítica quantitativa. Pelotas: **Escola Técnica Federal de Pelotas**, 1990. 75p. Polígrafo do curso técnico em química.
- COELHO, L. F. S. Química analítica quantitativa. Pelotas: Escola Técnica Federal de Pelotas, 75p. **Polígrafo do curso técnico em química**. 1990.

DAVIS, T.A.; VOLESKY, B.; MUCCI, A. A review of the biochemistry of heavy metal biosorption by brown algae. **Water Research**, n.37, p. 4311-4330. 2003.

FENT, K. Ecotoxicological problems associated with contaminated sites: Review. **Toxicology Letters**, v. 12, p. 1-13, 2003.

FERNANDES, R. **Adsorventes alternativos para remoção de fenol em solução aquosa**. 2005. 78p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

FRANÇA, R.G. Metais pesados nos sedimentos do sul da Lagoa dos Patos: **Identificação do melhor normalizante geoquímico**. 1998. 90p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica). Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 1998.

FURTADO, J.G.C. **Estudo de Impactos Ambientais Causados por Metais Pesados em Água do Mar na Baía de São Marcos: Correlações e Níveis Background**. 2007. 74p. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2007.

GUPTA, V.K., RASTOGI, A. Biosorption of lead from aqueous solutions by green algae *Spirogyra* species: Kinetics and equilibrium studies. **Journal of Hazardous Materials**, n.52, p.407-414, 2008.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Lixo municipal: **manual de gerenciamento integrado**. 2.ed. São Paulo. IPT/CEMPRE, 370p. 2000.

KJELDSSEN, P.; 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.

MANAHAM, S.E. **Environmental Chemistry**. USA: Lewis, 811p. 1994.

MARTIN, J. M.; MEYBECK, M.; SALVADOR, F.; THOMAS, A. Pollution chimique des estuaries: état des connaissances. **Centre National pour l'Exploitation des Océans**, 1976. 283p. Série Report Scientifiques et 18 Techbiques.

MARTIN, J. M.; MEYBECK, M.; SALVADOR, F.; THOMAS, A. Pollution chimique des estuaries: état des connaissances. **Centre National pour l'Exploitation des Océans**, 283p. Série Report Scientifiques et Techbiques. 1976.

MATURANA, L.S; LUIZ, C.S. **Caracterização do chorume do aterro Sanitário de bauru**. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Pederneiras-SP. 2000.

McBRIDE, M.B. **Environmental chemistry of soils**. New York: Oxford University, 1994. 406p.

MOTTA, C.V. et al. **Resíduos agroindustriais como materiais adsorventes**. 2011.

NOGUEIRA, M.I.C. **Tratamentos adsortivos e de oxidação avançada de fenol, 2-nitrofenol e 4- nitrofenol em solução aquosa**. 2009. 175p. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2009.

OLIVEIRA, T. S.; COSTA, L. M. Metais pesados em solos de uma topolito seqüência do Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p.785-796, 2004.

PEREIRA, R. S. Identificação das fontes de poluição em sistemas hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**, IPH-UFRGS. v.1, n.1. p. 20-36, 2004.

REDDY, D.H.K., SESHIAIAH, K., REDDY, A.V.R., RAO, M.M., WANG, M.C. Biosorption of Pb²⁺ from aqueous solutions by *Moringa oleifera* Bark: Equilibrium and kinetic studies. **Journal of Hazardous Materials**, v.15, n. 174, p. 831-838, 2009.

SARI, A., TUZEN, M., CITAK, D., SOYLAK, M. Adsorption characteristics of Cu(II) and Pb(II) onto expanded perlite from aqueous solution. **Journal of Hazardous Materials**, v.148, p. 387-394, 2007.

SILVA, A. C. **Tratamento do percolado de aterro sanitário e avaliação da toxicidade do efluente bruto e tratado**. 2002. 111p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

SILVA, A. C. **Tratamento do percolado de aterro sanitário e avaliação da toxicidade do efluente bruto e tratado**. 2002. 111f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

SÓLENER, M., TUNALI, S., ÖZCAN, A. S., ÖZCAN, A., GEDIKBEY, T. Adsorption characteristics of lead (II) ions onto the clay/poly (methoxyethyl) acrylamide (PMEA) composite from aqueous solutions. **Desalination**, n.223, p.308-322, 2008.

TRAIN, R.E. **Quality criteria for water**. Washington: EPA: Castle House, 255p. 1979.

VIMALA, R.; DAS, N. Biosorption of cadmium (II) and lead (II) from aqueous solutions using mushrooms: A comparative study. **Journal of Hazardous Materials**, n.168, p.376–382, 2009.

VOLESKY, B.; WEBER, J.; PARK, J.M. Continuous-flow metal biosorption in a renewable *Sargassum* column. **Water Research**, n.37, p.297-306, 2001.

VON SPERLING, M. V. Princípio do tratamento biológico de águas residuárias. In: **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 1995.

Recebido: 28/04/2015

Aceito: 10/07/2015