

IDENTIFICAÇÃO DE FONTES POLUIDORAS DE METAIS PESADOS NOS SOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ/RN, NA ÁREA URBANA DE MOSSORÓ-RN

João Batista dos Santos Araújo

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN/FACEM Bacharelado em Gestão Ambiental
E-mail: britao_100@hotmail.com

Jorge Luis de Oliveira Pinto Filho

Professor da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN/FACEM E-mail: jorgefilho@uern.br

RESUMO - A degradação dos ambientes aquáticos e do solo por metais pesados está relacionado ao aumento desenfreado do setor industrial. O presente trabalho tem por objetivo identificar as possíveis fontes de poluição por metais pesados nos solos da bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoro/RN, na área urbana de Mossoró-RN, bem como apontar as principais consequências para esses ambientes. Para realização dessa pesquisa adotou-se como procedimentos metodológicos inicialmente o levantamento de dados através de pesquisa bibliográfica. Num segundo momento, foram aplicados questionários nas empresas identificadas com base em FIERN (2009) na área de estudo. Em seguida foram realizadas visitas *in loco* nas Estações de Tratamento de Efluentes doméstico do Município de Mossoró-RN com a finalidade de levantar implicações ambientais relacionadas com poluição ambiental por metais pesados. Por fim, foi realizado um ensaio fotográfico da área pesquisada. Verificou-se que as principais fontes de poluição ambiental dos solos da bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoro/RN, na área urbana de Mossoró-RN está relacionada ao despejo dos efluentes domésticos, já que os mesmos possuem apenas tratamento biológico, bem como a presença de diversas indústrias na área de influência do estudo. Contactou-se também que as indústrias investigadas produzem algum tipo de resíduos considerados potencialmente poluidor por metais pesados. Observou-se também que as indústrias pesquisadas não possuem práticas ambientais adequadas para remediar a poluição por metais pesados e, as mesmas restringem a responsabilidade para o poder público na promoção dos tratamentos com meio ambiente, principalmente no tocante ao tratamento de efluentes líquidos. Para tanto, aponta como solução para a problemática a adoção de medidas de controle ambiental de resíduos industriais, bem como a instalação de um parque industrial no município, com o objetivo de diminuir os conflitos de uso dos solos da bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoro/RN na área urbana de Mossoró-RN.

Palavras-chaves: Poluição Ambiental; Solos Urbanos; Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró/RN.

IDENTIFICACIÓN DE FUENTES POLUIDORAS DE METALES PESADOS EN LOS SUELOS DE LA BACIA HIDROGRÁFICA DEL RÍO APODI-MOSSORÓ/RN, EN LA ÁREA URBANA DE MOSSORÓ-RN

RESUMEN - La degradación de los ambientes acuáticos y del suelo por metales pesados está relacionado al aumento desenfreado del sector industrial. El presente trabajo tiene por objetivo identificar las posibles fuentes de contaminación por metales pesados en los suelos de la bacia hidrográfica del Río Apodi-Mossoro/RN, en el área urbana de Mossoró-RN, así como apuntar las principales consecuencias para esos ambientes. Para realización de esa investigación se adoptó como procedimientos metodológicos inicialmente el levantamiento de datos a través de investigación bibliográfica. En un segundo momento, fueron aplicados cuestionarios en las empresas identificadas con base en FIERN (2009) en el área de estudio. Enseguida fueron realizadas visitas *in loco* en las Estaciones de Tratamiento de Efluentes doméstico del Municipio de Mossoró-RN con la finalidad de levantar implicaciones ambientales relacionadas con contaminación ambiental por metales pesados. Por fin, fue realizado un ensayo fotográfico del área investigada. Se verificó que las principales fuentes de contaminación ambiental de los suelos de la bacia hidrográfica del Río Apodi-Mossoro/RN, en el área urbana de Mossoró-RN está relacionada al despejo de los efluentes domésticos, ya que los mismos poseen sólo tratamiento biológico, así como la presencia de diversas industrias en el área de influencia del estudio. Se contactó también que las industrias investigadas producen algún tipo de residuos considerados potencialmente poluidor por metales pesados. Se observó también que las industrias investigadas no poseen prácticas ambientales adecuadas para remediar la contaminación por metales pesados y, las mismas restringen la responsabilidad para el poder público en la promoción de los tratamientos con medio ambiente, principalmente en el tocante al tratamiento de efluentes líquidos. Para tanto, apunta como solución para la problemática la adopción de medidas de control ambiental de residuos industriales, así como la instalación de un parque industrial en el municipio, con el objetivo de disminuir los conflictos de uso de los suelos de la bacia hidrográfica del Río Apodi-Mossoro/RN en el área urbana de Mossoró-RN.

Palabras-llaves: Contaminación Ambiental; Suelos Urbanos; Bacia Hidrográfica del Río Apodi-Mossoró/RN.

ID POLLUTING SOURCES OF HEAVY METALS IN SOILS OF THE RIVER BASIN APODI-MOSSORÓ/RN, IN URBAN MOSSORÓ-RN

ABSTRACT - The degradation of the aquatic atmospheres and of the soil for heavy metals to be related to the wild increase of the industrial section. The present work has for objective to identify the possible pollution sources for heavy metals in the soils of Rio Apodi-Mossoro/RN's basin hidrográfica, in the urban area of Mossoró-RN, as well as to point the main consequences for those to adapt. For accomplishment of that research it was adopted as methodological procedures initially the rising of data through bibliographical research. In a second moment, they were applied questionnaires in the identified companies with base in FIERN (2009) in the study area. Soon after visits in loco were accomplished in the Stations of Treatment of domestic Efluentes of the Municipal district of Mossoró-RN with the purpose of lifting environmental implications related with environmental pollution for heavy metals. Finally, a photographic rehearsal of the researched area was accomplished. It was verified that the main sources of environmental pollution of the soils of Rio Apodi-Mossoro/RN's basin hidrográfica, in the urban area of Mossoró-RN this related to the spilling of the domestic efluentes, since the same ones just possess biological treatment, as well as the presence of several industries in the area of influence of the study. It was also contacted that the investigated industries produce some type of residues considered potentially pollutant for heavy metals. It was also observed that the researched industries don't possess appropriate environmental practices to remedy the pollution for heavy metals and, the same ones restrict the responsibility for the public power in the promotion of the treatments with environment, mainly concerning the treatment of liquid efluentes. For so much, it appears as solution for the problem the adoption of measures of environmental control of industrial residues, as well as the installation of a park an industrial one in the municipal district, with the objective of reducing the conflicts of use of the soils of Rio Apodi-Mossoró/RN's basin hidrográfico in the urban area of Mossoró-RN.

Key Words: Environmental pollution; Urban soils; Basin Hidrográfica of Rio Apodi-Mossoró/RN.

INTRODUÇÃO

A degradação dos ambientes aquáticos e do solo, devido ao aumento desenfreado do crescimento industrial desde a década de 90, vem merecendo atenção especial, principalmente no que diz respeito aos lançamentos de efluentes sobre os recursos hídricos e solos urbanos, uma vez que ocasiona diversos problemas ao ambiente. Dentre as atividades potencialmente poluidoras podem-se destacar as industriais e as agrícolas, já que as mesmas se instalam de modo indiscriminado sobre determinada área modificando as suas propriedades através de uso de substâncias em quantidades elevadas. As principais conseqüências dessas práticas são as mudanças do ciclo geoquímico, conseqüentemente, alterando a qualidade ambiental, no qual as atividades estão sendo estabelecidas. Cabe ressaltar que à saúde humana e a vida aquática podem ser afetadas de modo significativo por atividades industriais e agrícolas, já que apresenta em seus processos elementos classificados como metais pesados e esses, por sua vez, são considerados bioacumulativos. Sendo assim, com a contaminação dos recursos hídricos diminui consideravelmente a quantidade de água disponível para a utilização humana, tornando-se um problema grave devido esses metais não serem biodegradáveis. Para tanto será necessárias técnicas avançadas para a recuperação desses recursos. Esse problema pode ser visto na bacia do rio Apodi-Mossoró/RN, pois vem aumentando de forma desenfreada a quantidade de indústrias situadas ao longo do rio, o que, conseqüentemente, aumenta a probabilidade de contaminação por detritos lançados ao longo dessa bacia.

Um dos fatores desse aumento é o grande avanço econômico da cidade de Mossoró, fazendo com que inúmeras indústrias venham a se instalar na cidade. , Desse modo, uma pesquisa nessa temática é de extrema importância para que possa servir como base para estudos posteriores, e que possa ser usado como referência para investigações mais específicas sobre essa problemática.

A discussão a cerca da poluição dos solos urbanos por poluentes industriais, mais especificamente, metais pesados não está restrita aos grandes centros urbanos. No Rio Grande do Norte, onde foi desenvolvida esta pesquisa, em margens de rios e lagoas, que carecem de estudos técnicos e socioambientais. No caso dos solos da bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, no recorte espacial da área urbana do Município de Mossoró, a questão que se pretende responder com esta investigação seria qual a interferência das atividades industriais na qualidade ambiental desta bacia hidrográfica no perímetro urbano da cidade de Mossoró-RN?

Realizar um levantamento das principais e possíveis fontes geradoras dos metais pesados na bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, RN no perímetro urbano da cidade de Mossoró-RN

Os objetivos específicos foram:

Analisar as possíveis conseqüências da contaminação do solo da bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, RN no perímetro urbano da cidade de Mossoró-RN por metais pesados;

Verificar as possíveis tecnologias para amenizar a problemática de poluição ambiental por metais pesados na área de estudo.

- Apontar o perfil das empresas e o gerenciamento de resíduos.

Os metais pesados apesar de alguns serem essenciais, para plantas, animais, entre outros seres vivos, ocorrem de forma natural no ambiente, mas estes vêm sendo encarados como um dos grandes problemas da sociedade moderna, devido ao elevado uso de substâncias que contém esses elementos, impulsionado principalmente pelos setores industriais e agrícolas.

Segundo Meurer (2006) as origens dos metais pesados no solo são a partir das rochas, uma vez que a maioria delas contém em sua composição diversos metais. Os processos naturais que contribuem para a presença destes elementos em águas são as solubilizações das rochas e sua lixiviação no solo. Esses metais podem também se acumular no solo pelo uso contínuo e prolongado de fertilizantes minerais e corretivos da acidez, resíduos industriais e urbanos, água de irrigação poluída e pela deposição atmosférica.

Entende-se que os metais pesados têm origem natural, pelo fato da composição dos minerais possuem em seus constituintes os mesmos elementos de forma natural. No entanto, suas origens no solo vêm aumentando devido aos grandes avanços tecnológicos nas diversas áreas, principalmente nos setores industrial e agrícola.

O setor industrial é o mais preocupante em relação à disposição de metais pesados. Dentre as atividades mais impactantes vale ressaltar nesse momento os setores de minério e metalúrgico, uma vez que lançam quantidades enormes desses elementos no solo, dentre desses destaca-se Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn (LIMA, 2008).

Sendo assim, devido ao grande avanço tecnológico, alguns autores já expõem a origem dos metais pesados no solo como derivações das ações antrópicas. Pesquisando a respeito dessa problemática, Borba (2006) aponta que várias indústrias, incluindo processamento de metal, polpa e papel, produção de eletrônicos são responsáveis pela presença desses elementos no ambiente.

Ainda segundo o referido autor, os metais pesados estão presentes na maioria das indústrias de processos químicos.

Os metais, em sua maioria, desempenham alguma função importante para o equilíbrio do ambiente, tanto para plantas como para os seres vivos. No entanto, merece destaque a quantidade que os mesmos estão disponíveis no ambiente, uma vez que alguns só desempenham funções benéficas em concentrações baixíssimas. Vale ressaltar que, estando esses em concentrações acima das toleráveis, ocasionará efeitos adversos.

Rocha (1999) pesquisando sobre a temática dos metais pesados e os riscos para o meio ambiente, aponta os elementos que merece maior preocupação devido a possibilidade de contaminação: Arsênio (As), Boro (B), Cádmiio (Cd), Cobre (Cu), Mercúrio (Hg),

Molibdênio (Mo), Níquel (Ni), Chumbo (Pb), Selênio (Se) e Zinco (Zn).

É importante esclarecer que, alguns desses elementos citados acima são importantes no desenvolvimento das plantas. No entanto, os mesmos em teores elevados, podem causar sérios riscos para o desenvolvimento das mesmas e para a vida dos animais. Sendo assim, o grande problema é o risco de acumulação desses elementos nos solos e nas plantas nos quais afetam a saúde dos animais e possivelmente dos homens, uma vez que são bioacumulativos.

Baird (2002) investigando ainda sobre os metais pesados prejudiciais ao ambiente constatou que os principais são: mercúrio, chumbo, cádmio e arsênio (semi-metal). Vale destacar que, esses elementos apresentam maiores riscos ambientais em razão de seus usos intensos, da sua toxicidade e sua ampla distribuição.

Desta forma, convém afirmar que os principais metais pesados em concentrações elevadas podem causar danos ao ambiente, trazendo assim, conseqüentemente sérios problemas ambientais e sociais, tais como: poluição e contaminação dos sistemas aquáticos, dos solos e da atmosfera, riscos a saúde humana, alteração de ecossistemas e desvalorização de terras.

As fontes geradoras de metais pesados para efeito de estudo dessa pesquisa, são definidas como aquelas que em seu processo produtivo utilizam desses elementos e lançam de alguma forma os efluentes de suas atividades contendo os mesmos, tanto no solo como em ambientes aquáticos de forma exagerada, sem o devido tratamento necessário para os mesmos.

Segundo Rocha (1999) a principal fonte dos metais pesados é o setor industrial. Cabe ressaltar que, direta ou indiretamente, esses elementos participam em diferentes fases do processo de produção de inúmeras indústrias nas diversas áreas econômicas, tais como: química, metalúrgica, eletrônica, dentre outras.

Silva (2002) classifica as fontes geradoras de metais pesados em pontuais e não-pontuais. Para o autor, as fontes não-pontuais enquadram a agricultura, as áreas urbanas e residenciais. Enquanto as pontuais abordam os efluentes domésticos que contém metais dos rejeitos metabólicos, das corrosões das tubulações de água e dos produtos de consumo.

Ainda de acordo com o autor supracitado, os efluentes industriais e as lamas podem substancialmente contribuir com as descargas dos metais pesados.

Manchilha (2007) pesquisando sobre contaminação por metais pesados, verificou que dentre as diversas fontes de contaminação por esses elementos, enfatiza o setor industrial, já que comporta um enorme leque de atividades potencialmente poluidoras, tais como; indústrias galvânicas, curtumes e fundições. Além disso, é necessário listar a atividade de mineração, uma vez que durante seus processos produtivos há a contribuição para a geração de resíduos industriais perigosos.

Desta forma os metais pesados têm diferentes formas de serem introduzidos ao ambiente, tanto de forma natural, quanto por atividades antrópicas.

De acordo com Henriques (2005) os metais pesados são os agentes tóxicos mais conhecidos pelo homem, uma vez que há aproximadamente 2000 a.c grandes quantidades de chumbo já eram obtidas de minérios, como subproduto da fusão da prata.

Como já foram discutidos anteriormente, alguns metais são considerados essenciais para preservação do equilíbrio do ambiente. No tocante do desenvolvimento das plantas Henrique (2005) afirma que as mesmas necessitam de água, macro e micronutrientes para sobreviver.

Vale salientar que as plantas absorvem, principalmente pelas raízes, os elementos que estão no solo e na água. Sendo assim, segundo Henrique (2005) os metais pesados, freqüentemente, acumulam-se na camada superior do solo, tornando-os mais acessíveis para serem absorvidos pelas raízes das plantas.

O mesmo autor, investigando o efeito dos metais em micro-quantidades para as plantas, constatou que alguns desses elementos metálicos são considerados

necessários para a obtenção de uma planta saudável, tendo sua absorção facilitada por mecanismos próprios de transporte e acumulação.

No entanto, quando a pesquisa foi direcionada para concentrações elevadas de metais, o autor verificou que podem surgir algumas conseqüências para a saúde humana, como ilustra o Quadro 01.

A poluição ambiental intensifica a partir da revolução industrial, sendo a partir do avanço tecnológico que os problemas ambientais começam a ganhar maiores complexidades.

Sendo assim, dessa complexidade ambiental que inúmeros estudiosos começaram a formular o conceito de Poluição Ambiental. Para Braga (2002) entende-se por poluição qualquer alteração nas características físicas, químicas ou biológicas no ar, atmosfera ou litosfera que cause prejuízo a saúde ou sobrevivência dos seres humanos ou seres vivos.

Ainda segundo o autor supracitado o efeito dessa poluição tem caráter local, regional e global, esses por sua vez ocorrem geralmente em áreas de grande densidade populacional ou atividade industrial. (BRAGA, 2002)

QUADRO 01 – Principais Metais Pesados, sua origem e seus efeitos

METAIS	ORIGEM	EFEITOS
Alumínio	Produção de artefatos de alumínio; serralheira; soldagem de medicamentos (antiácidos) e tratamento convencional de água.	Anemia por deficiência de ferro; intoxicação crônica
Arsênio	Metalurgia; Manufatura de vidros e fundição	Câncer (seios paranasais)
Cádmio	Soldas; tabaco; baterias e pilhas	Câncer de pulmões e próstata; lesão nos rins
Chumbo	Fabricação e reciclagem de baterias de autos; industria de tintas; pinturas em cerâmicas; soldagem	Saturnismo (cólicas abdominais, tremores, fraqueza muscular, lesão renal e cerebral)
Cobalto	Preparo de ferramentas de corte e furadoras	Fibrose pulmonar (endurecimento do pulmão) que pode levar à morte
Cromo	Indústrias de corantes, esmaltes, tintas, ligas com aço níquel; cromagem de metais	Asma brônquica; câncer
Fósforo Amarelo	Veneno para baratas; rodenticidas (tipo de inseticida usado na lavoura) e fogos de artifício	Naúseas; grastite; odor de alho; fezes e vômitos fosforescentes; dor muscular; torpor; choque; coma e até a morte.
Mercúrio	Moldes industriais; certas indústrias de cloro-soda; garimpo de ouro; lâmpadas fluorescentes	Intoxicação do sistema nervoso central
Níquel	Baterias; aramados; fundição e niquelagem de metais; refinarias.	Cancer de pulmão e seios paranasais
Fumos Metálicos	Vapores (de cobre, cádmio, ferro, manganês, níquel e zinco da soldagem industrial)	Febre dos fumos metálicos (febre, tosse, cansaço e dores musculares)

Fonte: CUT – RJ Comissão de meio ambiente (2009)

O meio ambiente urbano é representado pelas cidades, entendidas como aglomerações humanas dotadas de edificações e infra-estrutura consistente em áreas de lazer, serviços públicos, saneamento etc. (MARQUES, 2005).

Embora a urbanização possa melhorar o uso do solo para uma grande variedade de condições ambientais, esse processo geralmente resulta em alterações nas características físicas, químicas e biológicas do ambiente. (ARAÚJO, 2005).

O processo de poluição em áreas urbanas tem como principal fator influenciador, o crescimento da população urbana. Sendo assim, se faz necessário adotar políticas públicas que objetive um planejamento ambiental urbano, diminuindo a ocupação das áreas de riscos.

O Brasil vem vivenciando um processo de urbanização já há algumas décadas e esse crescimento populacional acarreta inúmeras conseqüências. Para Costa (2005) a degradação ambiental urbana tem como fontes: o lançamento de esgotos a céu aberto, poluição dos lençóis

freáticos, poluição sonora e do ar, e destinação inadequada de resíduos sólidos.

Cabe ressaltar, que nesse presente trabalho abordamos as conseqüências relacionadas a poluição ambiental em áreas urbanas resultantes de processos industriais.

Ainda sobre os danos gerados pela urbanização, de acordo com Tucci (1997) os principais na sua concepção são: redução na capacidade de infiltração do solo. Com isso essa redução proporciona o aumento no escoamento superficial, fazendo com que haja conseqüentemente, um aumento nas enchentes. Outros danos segundo o referido autor são: a diminuição de recarga do lençol freático e a redução da evapotranspiração.

No que se refere a poluição de ambientes aquáticos Tucci (1997) enfatiza os principais problemas que são: aumento da temperatura devido às superfícies impermeáveis; aumento de sedimentos e material sólidos no corpo hídrico, causando assim, o assoreamento e o transporte de poluentes agregados que afeta diretamente a qualidade da água; contaminação de aquíferos e enchentes de áreas ribeirinhas.

Vale salientar, que nas áreas urbanas industrializadas de acordo com Carvalho e Jablonski (2000) os principais fatores que influenciam significativamente no transporte e dispersão dos poluentes do ar são as variáveis de meteorologia e a topografia da área.

MATERIAIS E MÉTODOS

A cidade de Mossoró localizada no Rio Grande do Norte ocupa uma área de 2.110,21 km², equivalente a 3,96% do território estadual e estando a 285 km da capital (IDEMA, 2007).

A referida cidade faz divisa ao todo com 8 municípios, a saber: ao Norte – Grossos e Tibau; Sul – Governador Dix-Sept Rosado e Upanema; Leste – Serra do Mel, Areia Branca, Assu e Grossos; Oeste – Baraúna e Governador Dix-Sept Rosado. (IDEMA, 2007)

A cidade de Mossoró-RN apresenta os seguintes dados climáticos: clima muito quente e semi-árido, com uma pluviosidade normal de 695,8 mm anual. As temperaturas médias anuais são: máxima 36°C, média 27,4°C e mínima de 21°C. Tem uma umidade média de 70% e 2700 horas de insolação anual. (IDEMA, 2007)

A vegetação predominante na área de estudo é a Caatinga do tipo Hiperxerófila, cujas características são: vegetação de caráter mais seco, com abundância das cactáceas e plantas de porte mais baixo e espalhado. (IDEMA, 2007)

Com base na fonte do Idema (2007) as espécies encontradas com maior freqüência na região são: jurema-preta, mufumbo, faveleiro, marmeleiro, xique-xique e facheiro.

No que diz respeito aos tipos de solos da área de estudo destacam-se os cambissolo eutrófico, rendzina, latossolo vermelho amarelo eutrófico (IDEMA, 2007). Com relação ao seu uso o Idema (2007) aponta as principais finalidades: uso na pecuária extensiva, rebanho caprino, ovino, suíno, como também na criação de galináceos e na produção de culturas do milho, caju e castanha de caju.

Nos vales dos leitos do rio Apodi ou Mossoró encontram-se depósitos aluvionares compostos de areias e cascalhos, com intercalações pelíticas, associados aos sistemas fluviais atuais, formando uma planície fluvial, área plana resultante da acumulação fluvial sujeita a inundações periódicas (IDEMA, 2007).

Na ocorrência dos minerais destacam-se areia, argila, calcário, margá domilítica, sal marinho, gás natural, e petróleo. Assim com esses associados formam-se depósitos em lagoas, grupo barreiras e paleocas calheiras, formação jandaíra e depósitos aluvionares e paleodunas (IDEMA, 2007).

A cidade de Mossoró encontra-se totalmente inserida na Bacia do Rio Apodi-Mossoró. Além disso, encontra-se os aquíferos Jandaíra, Açú, Barreiras e Aluvião (IDEMA, 2007).

De acordo com Martins *et al.*, (2005) a contaminação ao longo do rio aumenta quando o mesmo se afasta da nascente. Sendo assim, percebemos a influência das cidades na qualidade da água do rio. Sendo perceptível que o mesmo vem sofrendo com a poluição causada pelo despejo de esgotos domésticos, resíduos industriais, lixo urbano, etc.

Para Oliveira e Queiroz, (2008) o problema é mais grave, uma vez que, são lançados, diretamente, os rejeitos líquidos da atividade industrial, da prestação de serviços e até efluentes orgânicos domésticos, gerando altos índices de poluição química no rio, comprovada pela existência de metais pesados. O fator mais preocupante é a presença, em alta escala, de metais pesados como cádmio, ferro, cromo, chumbo e zinco, lançados no leito do rio por pequenas empresas.

Segundo o autor supracitado, esta água contaminada é utilizada pelos ribeirinhos da seguinte maneira: 2% deles utilizam-se da água para beber, 3% para cozinhar, 29% para o banho e 32% pescam para vender e se alimentar dos peixes. Sendo que as principais fontes causadoras da poluição do rio são os esgotos domésticos e os de pequenas oficinas, cujas instalações estão próximas de suas margens.

Conforme a Secretaria de Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente - SEDETEMA citado por Oliveira e Queiroz (2008) mais de 70% dos esgotos domésticos da cidade de Mossoró são lançados, clandestinamente, e sem qualquer tratamento prévio, em galerias para águas pluviais.

Ainda sobre as fontes dos lançamentos, a SEDETEMA, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA e observações *in loco* citados por Oliveira e Queiroz (2008)

afirmam que as principais causas da poluição e degradação ambiental desse manancial, são o desmatamento da mata ciliar e a retirada de areia para a construção civil, a lavagem de veículos e banho de animais, o lixo depositado nas margens do rio, além do lançamento de esgotos domésticos e de oficinas.

De acordo com os estudos preliminares de Oliveira e Queiroz (2008) sobre a qualidade de suas águas, os valores encontrados dos metais como o Cromo, o Cádmiio e o Cobre chegam a 168,2; 8,4 e 16,2 mg/kg de sedimento, respectivamente. Essa quantidade de metais pesados é devido à implantação de empresas específicas que causam a ocorrência desses metais em concentrações elevadas. Conforme Araújo, Santos, Araújo, (2007) as concentrações mais elevadas são as de chumbo 0,0562 mg/L, cromo 0,0120 mg/L, cobre 0,0090 mg/L, e zinco 0,0497 mg/.

Conforme Gil (2006) está pesquisa classifica-se de acordo com a sua finalidade como exploratória. E quanto aos meios utilizados, como pesquisa de campo e bibliográfica. Os dados foram coletados por meio de pesquisa bibliográfica, documental e coletas de dados em campo, junto às empresas potencialmente poluidoras, localizadas nas margens do Rio Apodi-Mossoró/RN, área urbana de Mossoró-RN. As bases conceituais da presente pesquisa foram realizadas através de um embasamento teórico, utilizando como aporte livros e artigos relacionados sobre a temática de metais pesados, solos urbanos e contaminação de ambientes por metais pesados. Bem como também, um breve diagnóstico ambiental da área de estudo.

Foram realizadas visitas à Federação das Indústrias e Empresas do Rio Grande do Norte - FIERN com a finalidade de obtenção de dados acerca do número de Empresas e/ou Indústrias localizadas na área de estudo da presente pesquisa, bem como a Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte com a finalidade de obter informações acerca da quantidade de Estações de Tratamento de Efluentes - ETE no Município de Mossoró-RN. Os dados de campo foram obtidos através da aplicação de questionários nas Empresas e/ou Indústrias localizadas na área de estudo da presente pesquisa, bem como também da aplicação de uma lista de verificação nas ETE's no Município de Mossoró-RN.

Nesta fase, foram identificadas oito Empresas e/ou Indústrias potencialmente poluidoras de metais pesados conforme os setores industriais apontado por Rocha (1999) química, metalúrgica, eletrônica, dentre outros. Onde optou-se por aplicar um questionário semi-estruturado em todas as unidades identificadas. (Ver Apêndice)

Nesta fase, aplicou-se uma lista de verificação nas ETE's no Município de Mossoró-RN com o objetivo de realizar um levantamento dos principais pontos críticos da referida atividade.

Embasado nos conteúdos dos questionários das empresas, da lista de verificação, e observações *in loco* os dados são transformados em resultados em forma de gráficos, tabelas, fotos e discussão subjetiva, nos itens a seguir.

Conforme Silva (2002) os efluentes domésticos são considerados como fontes pontuais de contaminação de metais pesados. Com isso, ao observar o sistema de tratamento de efluentes domésticos do município de Mossoró-RN verificou-se duas ETE's: Estação de Tratamento de Cajazeiras (FOTO 01); Estação de Tratamento do Alto de São Manoel.



Foto 01 – Estação de Tratamento de Efluentes de Cajazeiras, Localizada no Bairro dos Pintos em Mossoró-RN. Fonte: João Batista dos Santos Araújo, 2009.

Constatou-se durante a visita *in loco* que o sistema de tratamento dos efluentes domésticos do Município de Mossoró-RN acontece por meio do processo biológico, através da degradação da matéria orgânica, como ilustra a FOTO 02, a seguir.



Foto 02 – Degradação da Matéria Orgânica durante o processo biológico Fonte: João Batista dos Santos Araújo, 2009.

Evidencia-se com base na FIGURA 03 que após o efluente passar pelo processo de tratamento secundário é direcionado ao corpo receptor, nesse caso o Rio Apodi-Mossoró/RN.

Em relação ao sistema de tratamento de lagoas de estabilização, modelo adotado no município de Mossoró-RN, é um sistema simples, já que depende unicamente de fenômenos puramente naturais. Ainda com base nos autores citados, o sistema da foto acima tem por finalidade a remoção de matéria orgânica e eventualmente nutrientes, tais como o nitrogênio e o fósforo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO



Foto 03 – Lançamentos do Efluente Tratado no Rio Apodi-Mossoró Fonte: João Batista dos Santos Araújo

Com isso, verifica-se a necessidade de se adotar um sistema mais específico para o tratamento de efluentes contendo metais pesados. Sendo assim, conforme Henriques (2005) faz-se necessária a adoção do sistema terciário, uma vez que tem por objetivo a remoção de poluentes específicos, tais como: nutrientes, patogênicos, compostos não biodegradáveis, metais pesados, sólidos inorgânicos dissolvidos e sólidos em suspensão remanescentes. Inicialmente, se faz necessário mencionar que para delimitação das empresas a serem investigadas, utilizou-se o critério das possíveis indústrias potencialmente poluidoras de metais pesados nos dos

ambientes da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró/RN.

Constatou-se no que diz respeito ao ramo econômico das empresas que são de diversos setores, tais como: soldagem, metalurgia, fundição, soldas, indústrias de tintas, cromagem de metais, lavagens de máquinas e preparo de ferramentas de corte. Diante dessa informação constata que são indústrias potencialmente poluidoras como menciona Rocha (1999) ao afirmar a principal fonte dos metais pesados é o setor industrial. No tocante ao porte das empresas, verificou-se que as mesmas enquadram-se como microempresa, já que a quantidade de funcionários não ultrapassa 19 empregados.

Buscando evidenciar a relação das empresas investigadas no que concerne ao uso de recursos hídricos foi identificado que as empresas utilizam água diretamente captada do Rio Apodi-Mossoró/RN. Por isso, se constatou que nenhuma empresa exerce esse tipo de relação. No entanto, quando os responsáveis das empresas foram indagados se as mesmas utilizam água como meio de transporte dos efluentes gerados nos processos produtivos das indústrias, identificou-se que uma parcela de 25% dos entrevistados utiliza os recursos hídricos como meio de descarte dos resíduos líquidos, conforme a FIGURA 01.

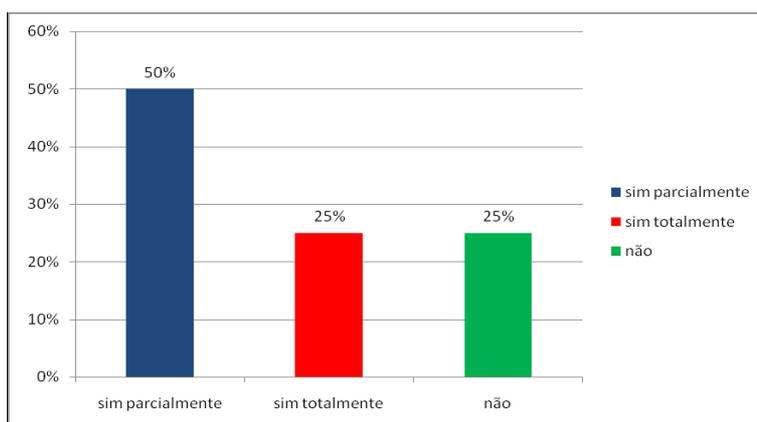


Figura 01 – A empresa/indústria utiliza os recursos hídricos como meio de transporte para efluentes gerados no processo de produção, obtidos por amostragem e dado em %, 2009.

Fazendo a investigação acerca da qualidade dos efluentes gerados pelas unidades industriais, tomando como base as respostas dos responsáveis das empresas, 100% dos entrevistados afirmaram não realizar o monitoramento dos seus resíduos líquidos. Com isso, se evidencia que realmente existe uma possibilidade de contaminação dos ambientes, solo e água da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró/RN, no perímetro urbano do Município de Mossoró-RN.

No que diz respeito, ao local de descarga dos efluentes gerados observa-se na FIGURA 02 que 62,5% das empresas lançam os efluentes em mais de um ponto. E o restante (37,5%) afirma que lançam em único local, nesse caso na rede de esgoto sanitária. Porém, os entrevistados desconhecem o destino final desses efluentes.

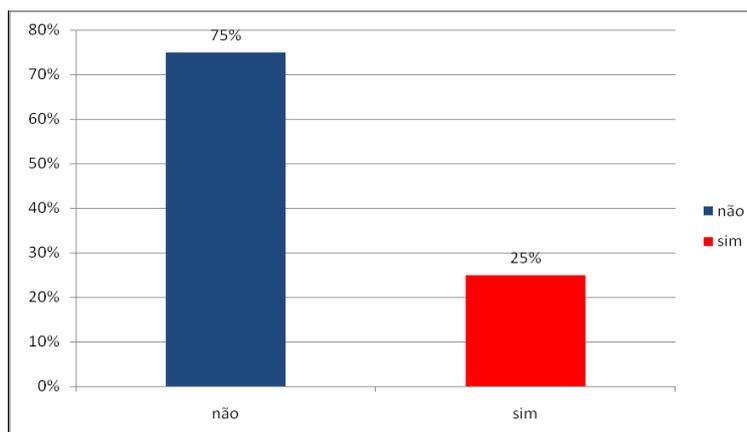


Figura 02 – Locais de descargas dos efluentes gerados nos processos produtivos das empresas investigadas, obtidos por amostragem e dado em %, 2009.

Com relação a preocupação do tratamento dos efluentes gerados pela própria empresa verificou-se que 75% das indústrias não tem essa devida precaução, conforme ilustra na FIGURA 03.

Merece destaque com relação aos dados informados anteriormente o fato de apenas 25% dos entrevistados apontarem em suas respostas que adotam

algum tipo de mecanismo para tratamento dos seus efluentes. Com isso, verificou-se nas instalações das unidades industriais pesquisadas, que os referidos mecanismos trata-se de pequenas estruturas rudimentares de drenagem, que tem por finalidade separar o óleo produzido dos outros resíduos líquidos.

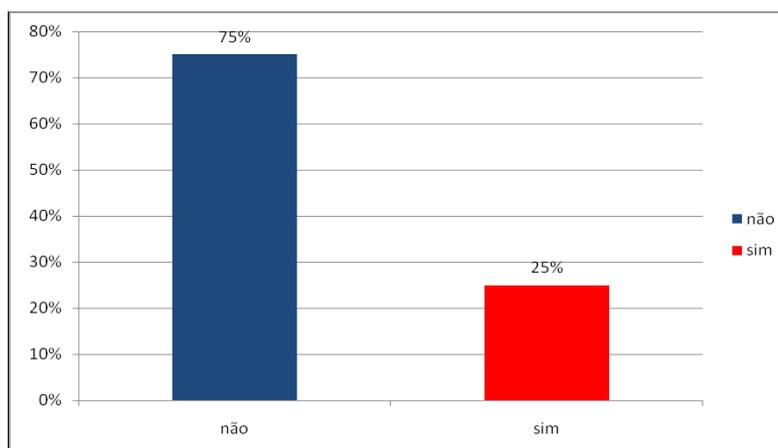


Figura 03 – A empresa/indústria realiza algum tipo de tratamento no efluente a ser descartado nos ambientes solo e água, obtidos por amostragem e dado em %, 2009.

Ao indagar os responsáveis das empresas sobre algumas conseqüências do despejo inadequados dos efluentes gerados, 100% dos entrevistados apontaram que a empresa não tem conhecimento sobre a mortalidade de peixes por causa da contaminação através do descarte dos resíduos líquidos.

Ao realizar uma aferição sobre o conteúdo dos efluentes gerados pelas indústrias investigadas, se interrogou os responsáveis das mesmas sobre a qualidade desses elementos no tocante a sua composição com metais pesados, apenas 12,5% mencionaram que em seus

resíduos possuem metais pesados, conforme constata-se na FIGURA 4.

É oportuno destacar, que na Figura anterior, o fato de 87,5% dos responsáveis pelas empresas pesquisadas, não mencionam a presença de metais pesados em seus efluentes. No entanto, isto foi evidenciado no corpo do texto, já que as indústrias do referido estudo, são consideradas como potencialmente poluidoras por metais pesados. Sendo assim, se aponta como justificativa para o alto índice dessa alternativa, o desconhecimento dos entrevistados acerca da qualidade dos efluentes produzidos por suas respectivas empresas.

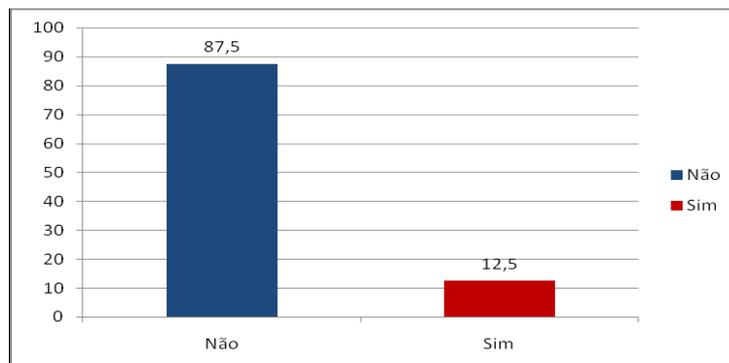


Figura 04 – A empresa/indústria considera que seus efluentes contêm metais pesados, obtidos por amostragem e dado em %, 2009.

Ainda a respeito da possível contaminação de ambientes da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró/RN no perímetro urbano de Mossoró-RN por metais pesados, investigou-se as indústrias delimitadas na pesquisa, com relação aos efluentes produzidos por estas, comprometem a qualidade dos recursos hídricos da referida área de estudo. O resultado do ponto levantado acima foi alarmante, já que 100% dos entrevistados afirmaram que os seus efluentes não contaminam os recursos hídricos, uma vez que lançam os mesmos no sistema de esgotamento sanitário da cidade, e com isso fica a cargo da Prefeitura realizar o tratamento adequado desses resíduos líquidos. Destaca-se, portanto, o provável desconhecimento dos responsáveis pelas empresas pesquisadas, com relação à temática da poluição de recursos hídricos por metais pesados, bem como no tocante a legislação ambiental, já que os mesmos mencionam apenas o poder público com único responsável pelos tratamentos com o meio ambiente.

Ainda se faz necessário apontar uma contradição nos resultados acima, pois na FIGURA 08, 37,5% dos entrevistados afirmaram que os resíduos líquidos são despejados em diversos locais, no entanto ao serem indagados sobre uma possível contaminação dos

recursos hídricos por metais pesados 100% mencionaram dessa vez que os seus efluentes são todos direcionados para o esgotamento sanitário. Diante desse cenário de indefinições, quanto ao destino dos efluentes das indústrias investigadas, é plausível destacar o fato dos representantes dessas empresas estarem querendo se esquivar da responsabilidade com a preservação do meio ambiente.

Quando a discussão é relacionada à contaminação dos solos por metais pesados, observa-se conforme a FIGURA 05 que 87,5% dos entrevistados responderam não, ao serem indagados se suas empresas contaminam os solos com metais pesados dos seus efluentes.

Mesmo diante de um baixo percentual (12,5%) de empresas considerarem que seus efluentes contaminam o solo com metais pesados se faz necessário mencionar, conforme Oliveira e Horn (2006), que o aumento da mobilidade dos metais pesados no ambiente aquático e no solo é devido os efluentes de esgotos, incineradores de lixo urbano e industrial, partículas em suspensão na atmosfera e a atividade agrícola.

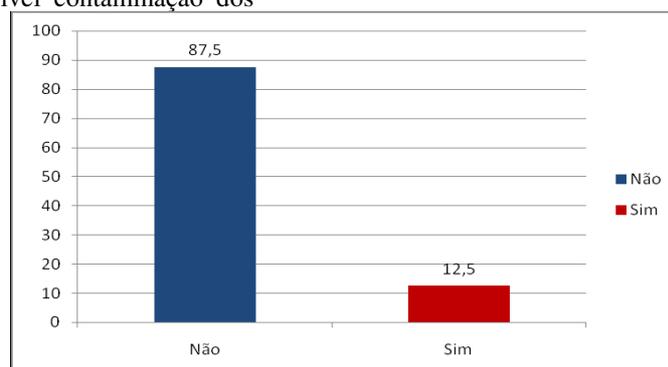


Figura 05 – A empresa/indústria considera que seus efluentes contaminam o solo com metais pesados, obtidos por amostragem e dado em %, 2009.

Produção dos Resíduos Sólidos pelas Empresas

No tocante a problemática de gerenciamento dos resíduos sólidos das empresas consultadas, constatou-

se que todas as empresas produzem algum tipo de resíduos sólidos no seu processo produtivo.

Entretanto, quando abordado acerca da periculosidade desses resíduos gerados, verificou-se que a maior parcela (62,5%) dos entrevistados considera tais

resíduos apenas parcialmente perigosos, como observa a FIGURA 06.

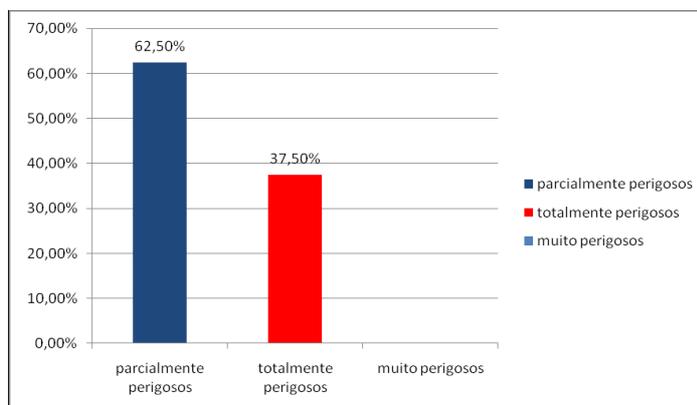


Figura 06 – A empresa/indústria considera que seus resíduos são perigosos, obtidos por amostragem e dado em %, 2009.

Vale destacar, com base em Henrique (2005) que os metais pesados são considerados elementos perigosos, uma vez que comprometem a saúde humana e o equilíbrio de recursos naturais, já que influencia a composição do solo e o desenvolvimento das plantas. Com isso, verifica-se que 37,5% dos questionados acerca do perigo dos elementos das suas indústrias, consideram os tais como sendo perigosos. No entanto, ao serem

indagados sobre a adoção de alguma prática de gerenciamento de resíduos sólidos, a maioria (62,5%) respondeu que não utilizam a reciclagem como ferramenta desse gerenciamento, como ilustra a FIGURA 07.

Com relação, aos demais questionados (37,5%) nesse item apontaram realizar apenas a reciclagem de papéis, vidros, borracha, como ferramenta do gerenciamento dos resíduos sólidos (FIGURA 07).

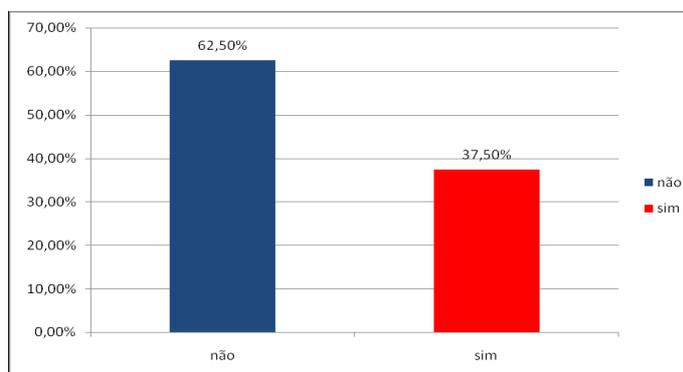


Figura 07 – A empresa/indústria realiza algum tipo de mecanismos de gerenciamento de resíduos sólidos, obtidos por amostragem e dado em %, 2009.

No tocante aos resíduos sólidos, merece destaque o destino final dos elementos das indústrias, já que 37,5% dos responsáveis pelas indústrias apontaram que não tem um descarte adequada, como observa-se na

FIGURA 08. Com isso, se configura uma grande evidência de contaminação do solo e do ambiente aquático da área de estudo, uma vez que já foi discutido que existe a produção de diversos metais.

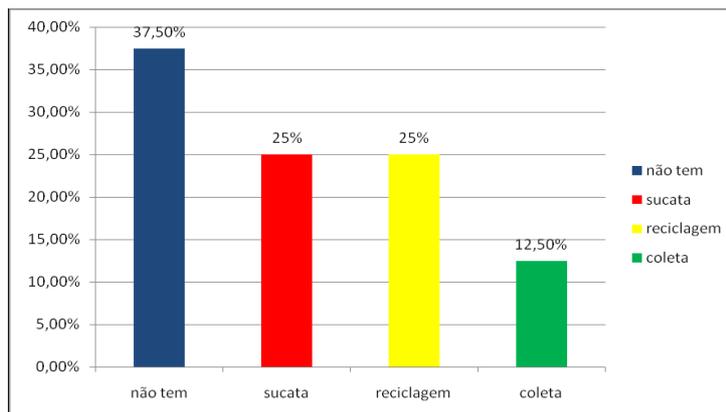


Figura 08 – Qual a forma de descarte adota pela empresa/indústria dos resíduos sólidos produzidos, obtidos por amostragem e dado em %, 2009

Ao serem questionados com relação aos resíduos produzidos e a presença de metais pesados na sua composição, 87,5% responderam que não, que os seus

resíduos não contêm metais pesados, conforme mostra a FIGURA 09, abaixo.

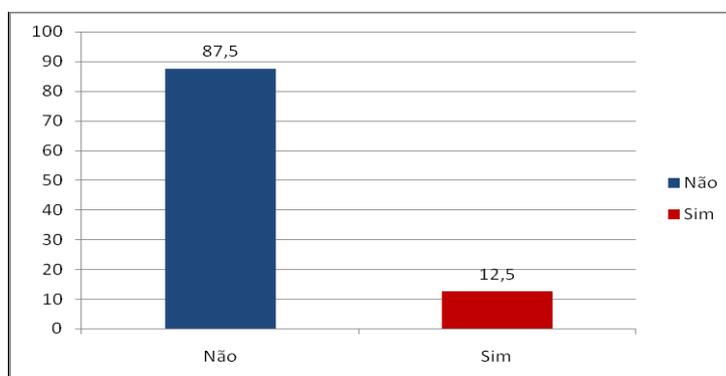


Figura 09 – A empresa/indústria considera que os resíduos produzidos contêm metais pesados?, obtidos por amostragem e dado em %, 2009.

Assim, percebe-se nitidamente uma ausência de conhecimento dos responsáveis das indústrias investigadas acerca da temática de poluição ambiental e metais pesados, uma vez que Rocha (1999), Silva (2002) e Mansilha (2007) apontam que as principais fontes de metais pesados é o setor industrial.

Com isso, nota-se a real necessidade de treinamentos, palestras, cursos e oficinas para o corpo técnico das indústrias investigadas acerca dos temas de poluição ambiental, já que as mesmas são consideradas potencialmente poluidoras.

Quando discutido sobre a contaminação dos recursos hídricos por metais pesados, todas as indústrias pesquisadas responderam que não se consideram uma

fonte poluidora. Com isso, configura-se mais uma vez a possível falta de conhecimento e de responsabilidade por parte das empresas. Sendo possível levantar a hipótese que as unidades industriais apenas vão dá a devida atenção ao meio ambiente quando acontecer algum acidente drástico ou quando houver uma fiscalização mais rígida por parte dos órgãos ambientais.

No tocante a contaminação do solo por resíduos sólidos, o índice ainda continua inexpressivo, já que apenas 12,5% das indústrias questionadas responderam que consideram os seus resíduos sólidos como fonte poluidora do solo, conforme se observa na FIGURA 10.

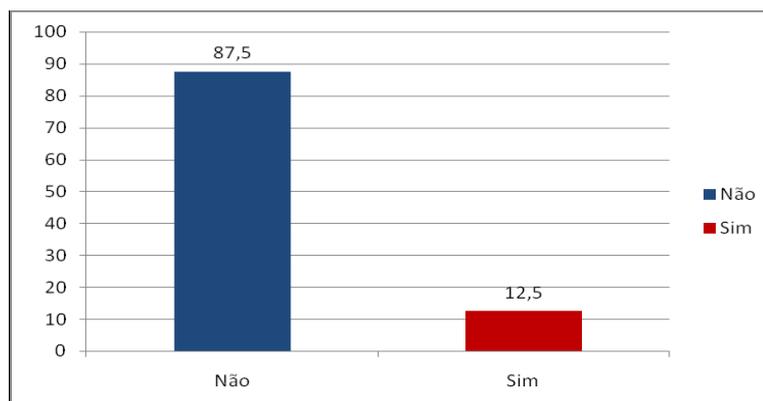


Figura 10 – A empresa/indústria considera que os resíduos produzidos contaminam os solos?, obtidos por amostragem e dado em %, 2009.

Práticas Ambientais adotadas pelas Empresas

Ao investigar as empresas do presente estudo acerca das práticas ambientais adotadas, verificou-se que as mesmas não possuem um Sistema de Gestão Ambiental - SGA com a finalidade de levantar os aspectos e impactos ambientais das referidas unidades, bem como propor ações mitigadoras. Sendo assim, levantaram-se aspectos relacionados às práticas ambientais voltadas para a preservação dos recursos hídricos e do solo da referida área de estudo. Com relação à preocupação das empresas

com os recursos hídricos de Mossoró-RN a FIGURA 11 evidencia que a maioria dos questionados responderam que se preocupam com a qualidade da água do Rio Apodi-Mossoró/RN. No entanto, quando indagados se tinham ações para garantir a salubridade ambiental desse corpo aquático, as mesmas responderam que não possuem nenhuma ação. Porém, algumas afirmaram que estão discutindo internamente algumas medidas voltadas para a temática, mas até o momento ainda não souberam responder quais seriam essas ações.

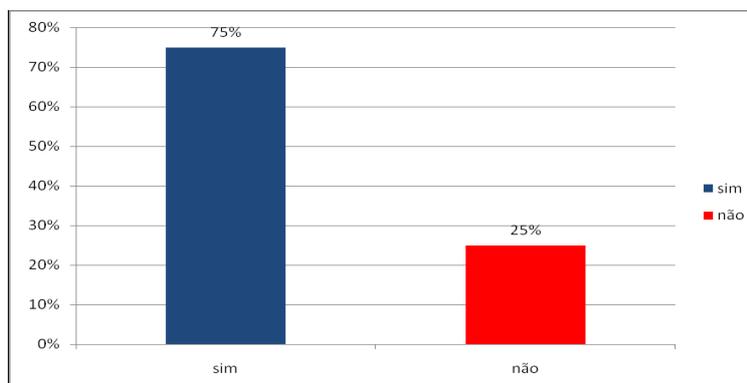


Figura 11 – A empresa/indústria preocupa-se com a qualidade dos recursos hídricos do Município de Mossoró - RN? obtidos por amostragem e dado em %, 2009.

No tocante a preservação da qualidade dos solos da cidade de Mossoró-RN, investigou-se se que as indústrias possuem essa preocupação conforme ilustra a FIGURA 12. Com isso, percebe-se que 50% dos responsáveis das empresas apontaram que tem a devida

preocupação, uma vez que não descartam nenhum tipo de resíduos no ambiente terrestre.

O restante dos questionados (50%) afirmaram que não tem esse devido cuidado, pois não sabem quais providências a serem tomadas.

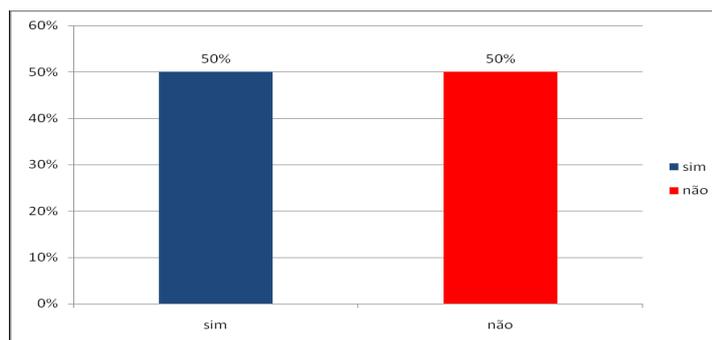


Figura 12 – A empresa/indústria preocupa-se com a preservação da qualidade dos solos do Município de Mossoró – RN? obtidos por amostragem e dado em %, 2009.

Diante das informações descritas acima se percebe a carência de um profissional com habilidade de gerenciar as temáticas ambientais das empresas pesquisadas, já que as mesmas se mostraram interessadas em buscar um melhor gerenciamento dos recursos naturais utilizados, no entanto ainda não possuem experiência de formular um SGA.

CONCLUSÕES

Diante dos dados discutidos ao longo do texto percebe-se que o Rio Apodi-Mossoró, no perímetro urbano da cidade de Mossoró-RN, vem sendo possivelmente contaminado por diversas fontes de poluição de metais pesados, (os efluentes domésticos e industriais), fazendo com que as características naturais desse ambiente estejam comprometidas.

As contaminações dos recursos hídricos e do solo da área de estudo por metais pesados podem causar diversos danos aos seres vivos desses ambientes.

O sistema de esgotamento sanitário da cidade possui deficiência relacionada com a coleta de esgotos, uma vez que comporta a presença de efluentes industriais, tornando-se assim, necessário adotar um sistema de tratamento de efluentes mais específicos.

As empresas situadas na área da pesquisa são consideradas potencialmente poluidoras, já que estão relacionadas diretamente ao setor industrial e não possuem qualquer tipo de práticas ambientais que minimizem os seus impactos ambientais significativos.

É notório a ausência de fiscalização dos órgãos ambientais nas indústrias pesquisadas, uma vez que as mesmas descartam os seus resíduos sólidos e líquidos de forma inadequada, tornando-se assim, um agravante para poluição por metais pesados do ambiente.

Percebe-se também o total desconhecimento dos responsáveis das indústrias para com as questões ambientais, tendo em vista que os mesmos não possuem um planejamento das ações das empresas para as temáticas ambientais.

Para tanto, aponta-se como medidas de atenuação da problemática debatida a implementação do Planejamento e Zoneamento Ambiental no Município de

Mossoró-RN, através da instalação de um parque industrial, com a finalidade de deslocamento das indústrias que se localizam na área do Rio Apodi-Mossoró/RN dessa cidade, bem como adoção de práticas ambientais das empresas através da implementação de SGA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, V. S. de. SANTOS, J. P. dos e ARAÚJO, A. L. C. Monitoramento das águas do rio mossoró/rn, no período de abril/2005 a julho/2006. **Holos**, ano 23, maio/2007.

BAIRD, Colin. **Química Ambiental**. 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 622 p.

BORBA Carlos Eduardo. **Modelagem de remoção de metais pesados em coluna de adsorção de leito de lixo**. Carlos Eduardo Borba – Campinas, SP: [s.n], 2006.

BRAGA Benedito *et al.* **Introdução a Engenharia Ambiental**. 2. Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005, 318 p.

BORGES, M. R. e COUTINHO, E. L. M. Metais pesados no solo após aplicação de biossólido. I – fracionamento. **Revista brasileira de ciência do solo**. São Paulo, 28:543-555, 2004.

CARVALHO, F. G. de; JABLONSKI, A. Estudo das partículas totais em suspensão e metais associados em áreas urbanas. **Química nova**, 23(5) (2000)

COSTA, Claudia das Neves. **Biodisponibilidade de metais pesados em solos do Rio Grande do Sul**. 2005, 110 f. Tese (Doutorado em Ciência do solo) Faculdade de agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

DUARTE, Rogéria P. Saez e PASQUAL, Antenor. Avaliação do cádmio (Cd), chumbo (Pb), níquel (Ni), e

- zinco (Zn) em solos, plantas e cabelos humanos. **Revista energia na agricultura**, Botucatu, vol. 15, n.1, 2000.
- IDEMA – INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE, Diretoria Técnica e Administrativa. **Perfil do seu Município: aspectos geoambientais e socioeconômicos**. Relatório 2003.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- HENRIQUES, A. R. **O uso do sphagnum no biomonitoramento da poluição aérea por cádmio**. 2005, 79 f. Monografia (Bacharel em ciências biológicas) Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2005.
- YAMASHITA, Daniela Mary. **Mobilidade de arsênio e metais pesados em solos do vale do ribeira, Iporanga, SP**. 2004. 54 f. Dissertação (Mestrado em Geociências), Instituto de geociências, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2004.
- LIMA, C. V. S. de. **Potencial de fitoextração do nabo forrageiro e da aveia preta em argissolo contaminado por cádmio**. 2008, 52 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.
- MACHILHA, José Carlos. **Estudo do comportamento químico do ferro micro e nano particulado na despoluição de solos contaminados com metais pesados**. 2007, 85 f. Dissertação (Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais/ Ciência e Tecnologia de Matérias e Sensores). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2007.
- MARTINS, D. F. F. *et al.* Qualidade físico-química das águas da bacia do Rio Apodi /Mossoró:I - Variabilidade espacial. **Universidade do Estado do Rio Grande do Norte**.
- MEURER, Egon Jose. **Fundamentos de química do solo**. Evangraf, 2006.
- MOREIRA, Cindy Silva. **Adsorção de cádmio, cobre, níquel e zinco em solos**. Cindy Silva - piracicaba, 2004.
- MOURA, Marcio Cleto Soares de. Estudo multivariado de solos urbanos da cidade de Teresina. **Química Nova**, Teresina, v. 29, n. 3, p. 429-435, 2006.
- OLIVEIRA, Mara Regina de e HORNS, Adolf Heinrich. Comparação da concentração de metais pesados nas águas do Rio São Francisco em Três Marias, desde 1991 até hoje, relacionando a atuação da Cmm- Três Marias. **Geonomos**, Três Marias, 14(1, 2): 55 -63, 2006.
- OLIVEIRA, M. A. de, QUEIROZ, R. A. C. A Poluição do Rio Mossoró (RN) e a Ação Intervencionista do Ministério Público. **IV Encontro Nacional da Anppas 4,5 e 6 de junho de 2008 Brasília - DF – Brasil**.
- PEDRON, F. de A.; DALMOLIN, R. S. D. **Caracterização e manejo de solos urbanos**. Informe técnico. Santa Maria, 2002.
- ROCHA, J. C. e ROSA, A. H. e CARDOSO, A. A. **Introdução a Química Ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2004, 154 p.
- ROCHA, THEOTO M. e SHIROTA, R. Disposição de lodo de esgoto. **Revista de estudos ambientais**, v.1, n.3, set/dez 1999.
- SILVA, L. B. C. da. **Avaliação espaço-temporal de metais pesados no rio Paraíba do sul e rio Imbé por meio de plantas de eichhornia crassipes (Mart.) Solms (aguapé), séston de sedimento**. 2008, 100 f. Dissertação (Mestrado em ecologia e recursos naturais), Centro de biociências e biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes, 2008.
- SILVA, M. L. S. e VITTI, G. C. e TREVISAM, A. R. Concentração de metais pesados em grãos de plantas cultivadas com diferentes níveis de contaminação. **Revista de pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.42, n.4, p.527-535, abr. 2007.
- SILVEIRA, M. L., ALLEONI, L. R. F, e CHANG, A. Condicionadores químicos de solo e retenção e distribuição e cádmio, zinco e cobre em latossolos tratados com bioossólido. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, São Paulo, 32:1087-1098, 2008. janeiro de 2006.
- TSUTIYA, Milton Tomoyuki. Metais pesados: o principal fator limitante para o uso agrícola de bioossólidos das estações de tratamento de esgotos. In:Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental,20, 1999. **Anais...**Rio de Janeiro: ABES, 1999. p. 753-761.
- TUCCI, E. M. **ÁGUA NO MEIO URBANO**. In: **Livro Água Doce**. Porto Alegre, 1997. p. 2 a 40.
- <http://www.fiern.org.br/> <http://cadindustrial.fiern.org.br>. Acesso em: 23 maio 2009.

Recebido em 10/11/2009

Aceito em 25/03/2010