

III-106 - DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E POLUIÇÃO AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE JUAZEIRO DO NORTE-CE

Perboyre Barbosa Alcântara

Engenheiro Civil. Doutor em Geotecnia pela Universidade Federal de Pernambuco. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – Campus Juazeiro do Norte, Departamento de Engenharia Ambiental.

Antonia Luisiana Correia da Silva

Graduanda em Tecnologia de Construção de Edifícios, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – Campus Juazeiro do Norte.

Maria Gorethe de Sousa Lima

Engenheira Química. **Mestre em Eng. Civil** pela Universidade Federal da Paraíba. Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande. Professora da Universidade Federal do Ceará (UFC) – Campus Cariri.

Roselene de Lucena Alcântara

Engenheira de Materiais e Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal da Paraíba. Doutora em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande. Professora Adjunto II da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) – Campus Angicos.

Maria Alice Gomes de Andrade Lima

Química Industrial. Doutora em Processos Bioquímicos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professor Associado 3 da Universidade Federal de Pernambuco. Campus Recife, Departamento de Engenharia química.

Endereço⁽¹⁾: Av. Plácido Aderaldo Castelo, 1646 – Planalto – Juazeiro do Norte - CE- 63040-540 - Brasil - Tel: 088 2101 5300 - e-mail: pbalcantara@msn.com; perboyre@ifce.edu.br.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo geral fazer um diagnóstico ambiental da principal área de disposição final de resíduos sólidos no município de Juazeiro do Norte e do antigo lixão da cidade. A pesquisa, realizada entre setembro/2008 e outubro/2010, incluiu levantamentos de campo, caracterização dos resíduos no destino final, inspeções periódicas na área dos lixões para coleta de amostras de sólidos e líquidos para ensaios laboratoriais e avaliação qualitativa do biogás gerado. Portanto, o trabalho baseiou-se em levantamentos e análises de dados quantitativos e qualitativos com a utilização de métodos experimental, indutivo e comparativo. Além das informações tradicionalmente contidas em levantamentos dessa natureza utilizou-se uma metodologia de classificação de áreas de disposição final, através do Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR). As análises em amostras de solos visaram avaliar a presença de contaminantes, bem como as suas características como material de cobertura de aterros; enquanto que, as de lixiviado e de água foram avaliadas com relação a qualidade da água superficial e do lixiviado. Os resultados obtidos sugerem um comprometimento de toda área e indicam que o antigo e o lixão atual não apresentam nenhuma garantia técnico-ambiental para a preservação e/ou conservação do solo e dos recursos hídricos. As características do lixiviados indicam influência significativa desse efluente para a degradação ambiental da área de estudo e requer medidas urgentes visando, ao menos, a redução do seu volume e sua contenção em uma área impermeabilizada. Os solos e sedimentos apresentaram concentrações de metais tóxicos acima de alguns valores orientadores de referência de qualidade, de valores de alerta e ainda, em alguns casos, acima dos valores de intervenção considerando os cenários agrícola e residencial. Em relação aos catadores do lixão, o presente estudo, apesar do aspecto qualitativo, sugere a existência de problemas de saúde e de elevados riscos de contaminação, relacionados diretamente ao trabalho que realizam e às condições em que o mesmo é exercido.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos Urbanos, Disposição Final, Poluição Ambiental.

INTRODUÇÃO

No universo de temas relacionados com a conservação do meio ambiente, a questão dos resíduos sólidos ocupa um lugar de destaque, até porque também está relacionada com a saúde pública e a melhoria da qualidade de vida. Nesse sentido, o tratamento e o destino final adequado dos resíduos gerados pelas atividades antrópicas

têm sido uma das preocupações mais importantes da atualidade devido aos volumes produzidos em quantidades cada vez maiores, em decorrência da utilização massiva de recursos naturais, do elevado consumo e da grande concentração populacional nas cidades.

A disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos (RSU) pode provocar graves problemas sanitários, ambientais (TCHOBANOGLIOUS et al, 1993) e também sociais. Muitas famílias tiram do lixo o seu sustento, catando materiais em condições insalubres, para serem vendidos para empresas recicladoras e, até mesmo, recolhendo restos de comida para se alimentarem. Os lixões são uma grande ameaça às populações de baixa renda, já que estão localizados nas periferias e perto de áreas pobres. Mesmo assim, os vazadouros a céu aberto continuam sendo muito comuns no Brasil.

Os RSU englobam os resíduos domiciliares, ou seja, aqueles originários de atividades domésticas em residências urbanas e os resíduos de limpeza urbana provenientes da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços congêneres (BRASIL, 2010). Em relação à destinação final, a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2008 (IBGE, 2010) revelou que de 1989 a 2008 houve um crescimento considerável do percentual de municípios que destinavam seus resíduos aos aterros sanitários e aterros controlados (Figura 1). Entretanto, apesar dos avanços no Brasil, na Região Nordeste a situação da destinação final dos RSU ainda é muito crítica. Na PNSB de 2008, foi possível identificar que 89,3 % dos municípios do nordeste ainda tinham os lixões como destino final dos referidos resíduos, a exemplo do que ocorre no município de Juazeiro do Norte e na imensa maioria dos municípios do estado do Ceará.

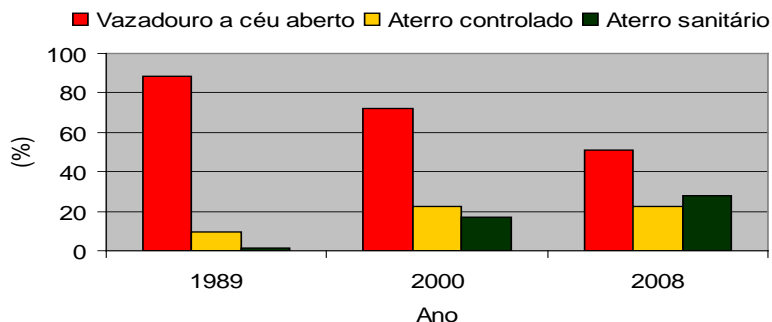


Figura 1 – Destino final dos RSU, por unidades de destino dos resíduos no Brasil (Fonte: IBGE, 2010).

Há tempos se discute a construção de um aterro sanitário consorciado para beneficiar Juazeiro do Norte-CE e as demais cidades da Região Metropolitana do Cariri cearense. Entretanto, até o momento só há expectativa de solução para o problema e os resíduos sólidos coletados têm como destino o lixão municipal. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo geral fazer um diagnóstico ambiental da principal área de disposição final de resíduos sólidos no município de Juazeiro do Norte e do antigo lixão da cidade, incluindo uma análise através do Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR).

Espera-se assim, contribuir com informações que possam subsidiar programas do município para o encerramento de lixões e remediação de áreas contaminadas. A caracterização da situação ou da qualidade ambiental dessas áreas pode servir de base para o estabelecimento de linhas de ações visando prevenir, controlar e corrigir os problemas ambientais. Nesse sentido, a legislação de muitos países determina a realização periódica desse tipo de diagnóstico a exemplo da recém aprovada Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12305 de 02/08/2010, que estabelece que o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos deve conter, entre outros itens, a identificação dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos, incluindo áreas contaminadas e as respectivas medidas saneadoras.

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Juazeiro do Norte – CE, com uma população de 249.936 habitantes (IBGE, 2010), situa-se na Messorregião Sul Cearense e limita-se com os municípios de Caririçu, Missão Velha, Barbalha e Crato. Compreende uma área de 219 km², localizada na carta topográfica Crato (SB.24-Y-D-I) (CEARÁ, 2010; BRASIL, 1998), com uma área urbanizada de aproximadamente 12,7 km² (MIRANDA, et al. 2005).

A área de estudo (Figura 2) compreende o local utilizado atualmente para a disposição final dos resíduos sólidos urbanos, localizado às margens da rodovia Carlos José de Moraes (Juazeiro-CE/Caririçu-CE) a, aproximadamente, 5 km do centro da cidade. O antigo lixão fica a menos de 1,0 km do lixão atual, como ilustrado na Figura 2b.

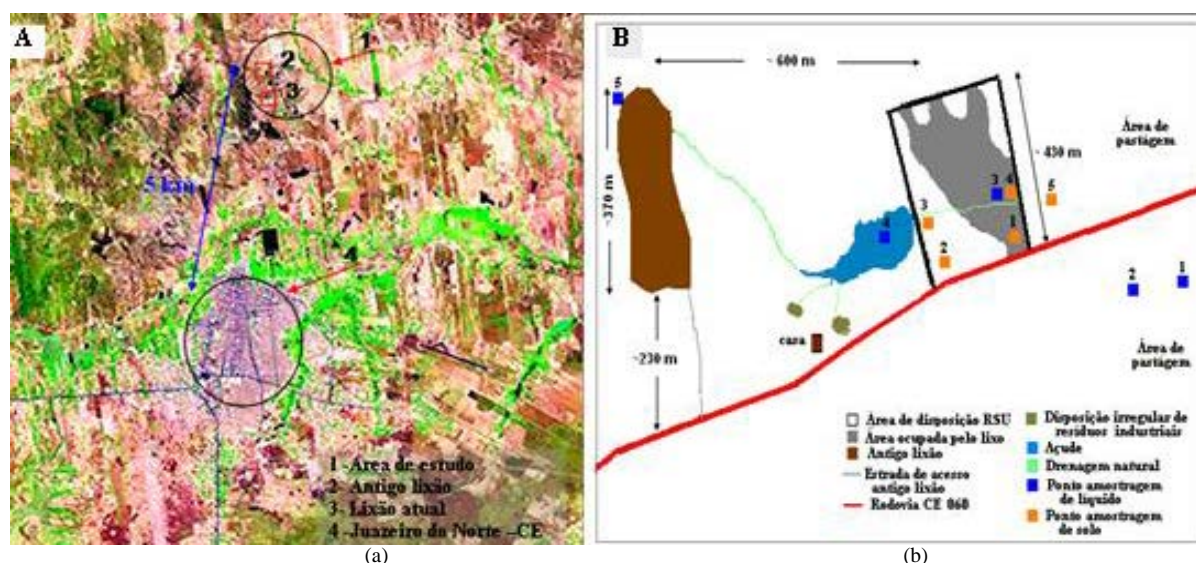


Figura 2 - Localização da área de estudo: (a) Carta SB-24-Y-D-III-1-SE (MIRANDA, 2005) e (b) Croquis.

A pesquisa, realizada entre setembro/2008 e outubro/2010, incluiu levantamentos de campo para o diagnóstico ambiental, caracterização dos resíduos no destino final, inspeções periódicas na área dos lixões para coleta de amostras de sólidos e líquidos para ensaios laboratoriais e avaliação qualitativa do biogás gerado. Portanto, o trabalho baseia-se em levantamentos e análises de dados quantitativos e qualitativos com a utilização de métodos experimental, indutivo e comparativo. Além das informações tradicionalmente contidas em levantamentos dessa natureza, também foi utilizado neste estudo uma metodologia de classificação de áreas de disposição final. Tal classificação baseia-se no Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR), que tem sido amplamente utilizado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2010) para diagnosticar as condições em que se encontram os sistemas de disposição de resíduos sólidos em operação.

Os levantamentos de campo foram realizados em campanhas, considerando períodos distintos (estação das chuvas, estação seca), que teve como objetivos o conhecimento geral da área de estudo, o levantamento de dados para a elaboração de croquis, a coleta de dados referentes aos catadores e moradores do entorno, a identificação das áreas e das situações ambientalmente desfavoráveis e o registro fotográfico.

Dos resíduos destinados ao lixão foram coletadas amostras para caracterização física, seguindo recomendações de D'Almeida & Vilhena (2000) e CETESB (1990), sempre com o objetivo de se obter um material para análise que fosse representativo do todo.

As análises em amostras de sedimentos e de solos visaram avaliar a presença de contaminantes, bem como as características como material de cobertura de aterros. As amostras de lixiviado e de água foram coletadas para a verificação da qualidade da água superficial e das características do lixiviado, sendo adotadas as técnicas de coleta e análise constantes no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA - AWWA – WEF, 1998). Os pontos de coleta das amostras de solos e de líquidos estão indicados na Figura 2b.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aspectos gerais da área de estudo

O município de Juazeiro do Norte – CE está assente sobre coberturas sedimentares mesozóicas e sobre o embasamento cristalino. O substrato do território é formado por xistos, quartzitos e granitos do Pré-Cambriano indiviso, conglomerados e arenitos do Paleozóico e arenitos e calcários do Mesozóico. Dois compartimentos morfológicos são observados no município: as formas aplainadas, pouco dissecadas da Depressão Sertaneja, e a sul, mais destacado na topografia, o relevo de planalto da chapada do Araripe. Solos aluviais e podzólicos são registrados na área, e a vegetação que sobre eles encontra-se desenvolvida é a de caatinga arbórea (floresta caducifólia espinhosa) e de cerrado (BRASIL, 1998; CEARÁ, 2010).

O clima do município é caracterizado como Tropical Quente Semi-árido e Tropical Quente Semi-árido Brando com precipitação média anual de 925,1 mm, distribuída, principalmente, de janeiro a maio, e com temperatura média de 24° C a 26° C (CEARÁ, 2010). Cálculos de balanço hídrico mostram um excesso da precipitação sobre a evapotranspiração nos meses de janeiro a abril, e déficit no restante do ano (BRASIL, 1998).

Na área de estudo predomina o clima Tropical Quente Semi-árido e a paisagem é característica do sertão do Estado do Ceará. A condição climática típica da região impõe à paisagem dois cenários bastante distintos: o primeiro, no período das chuvas, em que o crescimento da vegetação e o verde abundante contribuem para ocultar parte dos impactos ambientais causados pela pressão antrópica, principalmente no que diz respeito aos aspectos visuais; e o segundo, durante o período seco, quando se observa mais facilmente as áreas degradadas, como ilustram as imagens da Figura 3 (a e b). A área de estudo, considerando a compartimentação geoambiental da Mesorregião do Sul Cearense (CARVALHO, at. al, 2007) se encontra nos limites entre os sistemas ambientais de baixos maciços e cristas residuais e vales fluviais. Os solos no entorno exibem maior diversidade de associações, entretanto, na área delimitada pelos lixões predominam os neossolos. O relevo movimentado a medianamente movimentado da área do entorno, dificulta a percolação da água das chuvas que escoam rapidamente para a massa de resíduos aterrados.



Figura 3: Vista geral de parte da área de estudo em períodos climáticos distintos: (a) Período das chuvas e (b) Período seco.

O atual lixão com, aproximadamente, 7 anos de operação, está situado na zona rural do município, em um terreno particular alugado pela prefeitura municipal e recebe diariamente cerca de 170 t de lixo, representando um índice de produção *Per Capita* de resíduos sólidos domiciliares, em função da população urbana, de, aproximadamente, 0,72 kg/hab.dia, que é característico de cidades com mais de 500.000 habitantes (CETESB, 2009). Esse elevado índice deve estar associado à população flutuante que é muito elevada em função do turismo religioso e do centro comercial que atrai anualmente milhares de pessoas.

Composição gravimétrica dos resíduos

A composição dos RSU é muito variável e depende de fatores como a situação econômica da população (SHARHOLY *et al.*, 2007), estações do ano, clima, hábitos da população e, até, da legislação ambiental vigente. A heterogeneidade e a variabilidade desses resíduos no tempo e no espaço dificulta o estabelecimento, com precisão, da sua composição em uma determinada região; por essa razão os dados antigos devem ser analisados com cautela (TCHOBANOGLIOUS *et al*, 1993).

A composição gravimétrica dos RSU destinados ao lixão de Juazeiro do Norte foi feita nos meses de janeiro, março e maio de 2010, com amostras de resíduos provenientes de três setores de coleta, considerando as características populacionais e os aspectos socioeconômicos de cada setor.

A composição média do lixo apresentou teores de matéria orgânica (58,5 %) e de papel e papelão (6,8 %) que estão dentro do esperado. De acordo com Tchobanoglous *et al* (1993), em locais de baixa industrialização o teor médio de matéria orgânica e papel/papelão seria, respectivamente, da ordem de 63 % e 5,5 %, respectivamente. Entretanto o teor de plásticos (17,4 %) foi consideravelmente elevado, revelando um grande percentual de materiais potencialmente recicláveis. O percentual de plástico, relativamente alto, reflete o crescimento do consumo das principais resinas termoplásticas no Brasil, mesmo assim valores tão elevados não eram esperados para uma cidade do porte e com as características socioeconômicas de Juazeiro do Norte. O valor encontrado é próximo do percentual observado nos RSU de grandes cidades brasileiras como Salvador, São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília e Recife, respectivamente, com teores de plásticos de 17,1 %, 22,9 %, 16,8 % (D'ALMEIDA & VILHENA, 2000), 15 % (JUNQUEIRA, 2000) e 19 % (ALCÂNTARA, 2007; MARIANO *et al.*, 2007).

Aspectos sociais

O volume de resíduos destinado ao lixão atrai diariamente uma grande quantidade de catadores de materiais recicláveis. Na atividade de catação atuam cerca de 120 pessoas que residem permanentemente ou de forma temporária em barracos improvisados (Figura 4a) em meio aos materiais coletados.

A água para o consumo diário é obtida em um poço localizado próximo ao vazadouro ou é comprada na vizinhança. Porém, para o banho diário, lavagem de roupas e limpeza de utensílios domésticos os catadores utilizam a água de um açude que fica no próprio lixão (Figura 4b). As necessidades fisiológicas são feitas, normalmente, no entorno da área de disposição de RSU, pois não existem sanitários no local.



Figura 4: Vista geral dos barracos improvisados (a) e detalhe do local usado para o banho e lavagem de roupas dos catadores no lixão de Juazeiro do Norte.

A população dos catadores é formada por pessoas distribuídas numa larga faixa etária, que vai dos 11 aos 70 anos. Ou seja, existem crianças, adolescentes e também idosos trabalhando como catadores de lixo. Entretanto, na sua grande maioria, é composta por pessoas de faixa etária que vai dos 16 aos 25 anos, que têm uma jornada de trabalho que, muitas vezes, ultrapassa doze horas diárias de atividades exaustivas e em condições precárias de higiene e segurança.

Aspectos relacionados à poluição ambiental

Os principais problemas de poluição ou de potencial de contaminação ambiental observados no lixão de Juazeiro estão relacionados aos seguintes fatores: co-disposição de resíduos industriais e de serviços de saúde, geração excessiva de lixiviado, emissão descontrolada de gases e a queima do lixo.

A disposição conjunta de resíduos industriais e de serviços de saúde com os resíduos domiciliares é facilmente observável devido à grande quantidade de resíduos descobertos. A Figura 5 ilustra a presença de resíduos de abatedouros de bovinos (a), resíduos provenientes de curtume (b), resíduos de indústria de calçados (c) e

resíduos perigosos de serviços de saúde (d). Os resíduos de abatedouros são um atrativo a mais para os indivíduos da família Cathartidae (urubus). A presença expressiva dessas aves, além dos aspectos sanitários, preocupa também pela relativa proximidade do lixão em relação ao aeroporto da cidade, que é de aproximadamente 8 km; enquanto a legislação aeroportuária determina uma distância mínima de 20 km. E ainda, durante a aproximação para o pouso, algumas aeronaves passam muito próximas ao lixão, aumentando os riscos de acidentes.

A disposição de resíduos industriais aumenta a possibilidade de contaminação do solo e da água com metais pesados. Os aterros que contêm apenas RSU, normalmente, apresentam baixos níveis de metais pesados no lixiviado; valores muito elevados ocorrem, provavelmente, devido à disposição irregular de resíduos industriais, incluindo resíduos de construção e demolição.

A disposição de resíduos de serviço de saúde com a possível presença de agentes biológicos de maior virulência ou concentração (Grupo A), de resíduos contendo substâncias químicas (Grupo B) e materiais perfurocortantes ou escarificantes (Grupo E) representa um grande risco à saúde pública e ao meio ambiente. A presença de seringas e agulhas (Figura 5d) aumenta os riscos de acidentes com os catadores.



Figura 5: Imagens de resíduos industriais e de serviços de saúde no lixão de Juazeiro.

A geração excessiva de lixiviado ou percolado está associada principalmente a dois fatores: infiltração excessiva de água de chuva na massa de resíduos e a concentração de drenagem superficial. A Figura 6a destaca alguns trechos importantes da drenagem natural de água superficial que conduzem a água para a massa de resíduos. Por outro lado, os procedimentos de compactação e cobertura do lixo com solo não são realizados frequentemente e uma grande área ocupada pelo lixo permanece, portanto, exposta à ação da água. Assim, nos períodos de chuvas intensas, a água infiltra rapidamente pela massa de lixo e se incorpora ao chorume, formando uma ‘lagoa’ de lixiviado (Figura 6b) que frequentemente transborda para uma área de pastagem utilizada para a criação de bovinos, contaminando o solo e podendo contaminar a água de poços que ficam a jusante. Mesmo nas áreas cobertas, a infiltração é muito elevada, pois uma parte do solo utilizado na cobertura do lixo é bastante permeável, a camada é de pouca espessura e não há uma compactação adequada da mesma. A permeabilidade à água é um parâmetro importante para a análise do comportamento dessas camadas no que diz respeito à geração de lixiviado. Ensaio nas áreas em que o lixo foi coberto com uma fina camada de solo resultaram em coeficientes de permeabilidade da ordem de 10^{-4} m/s, os quais são considerados relativamente elevados. Os coeficientes de permeabilidade dos resíduos sólidos urbanos em aterros no Brasil situam-se entre 10^{-8} e 10^{-5} m/s (CEPOLLINA *et al.*, 1994; MARIANO & JUCÁ, 1998; CARVALHO, 1999; AGUIAR, 2001; EHRLICH *et al.*, 1994).



Figura 6: Imagens aéreas do lixão destacando o sentido da drenagem natural (a) e o acúmulo de lixiviado (b).

As análises de gases, feita com o auxílio de um detector multigás portátil, nas áreas com maior espessura de lixo revelaram concentrações de metano (CH_4) na faixa de 40 % - 53 % e de dióxido de carbono de 33 % - 47,0 % que são compatíveis com as observadas em aterros sanitários. Os valores típicos máximos para aterros na fase metanogênica são de 50-60 % para CH_4 e 40-50 % para CO_2 (TCHOBANOGLIOUS *et al.*, 1993; BOGNER *et al.*, 1997; BENSON *et al.*, 2007; ALCÂNTARA & JUCÁ, 2010). As concentrações de metano observadas são preocupantes, pois não existe sistema de tratamento do biogás e o mesmo é emitido livremente para a atmosfera. Por outro lado, durante alguns períodos é feita a cobertura do lixo com solo em algumas áreas, porém, sem a instalação de drenos de gás, o que aumenta o risco de deslizamento da massa de lixo pela formação de bolsões de biogás e também a possibilidade de pequenas explosões considerando que são frequentes os focos de incêndio.

A queima do lixo em pequenos focos ou de forma generalizada, envolvendo praticamente toda a área de disposição (Figura 7), ocorre espontaneamente, principalmente nos meses de setembro a dezembro, período mais quente e seco do ano, devido à presença de materiais que refletem e concentram a luz solar. Mas também ocorre queima intencional promovida pelos catadores, conforme relato dos mesmos, como forma de facilitar, posteriormente, a retirada de metais. A poluição do ar pela fumaça da queima do lixo (Figura 7) atinge os moradores do entorno e de pequenas propriedades rurais da região, conforme relato dos mesmos. Na queima descontrolada do lixo ocorre a liberação para o ar de várias substâncias perigosas como dioxinas e furanos. A preocupação com a emissão dessas substâncias é global e está explícita na Convenção de Estocolmo, que trata dos Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) e já foi ratificada pelo Brasil.



Figura 7: Imagens da queima de resíduos no lixão público de Juazeiro do Norte.

Em relação ao antigo lixão, após o encerramento, não foi implementado nenhum plano de recuperação da área ou, ao menos, de contenção para evitar a contaminação das áreas do entorno. O local foi coberto com uma fina camada de solo que, com a erosão superficial, deixa a vista parte dos resíduos aterrados. A área, visivelmente contaminada, tem sido utilizada para a agricultura, como é possível observar na Figura 8 a cultura de milho e de feijão em meio ao lixo. Medições na área indicaram, em alguns pontos, concentrações de metano abaixo da camada de cobertura de até 30 %, indicando ainda a presença de material orgânico em processo de biodegradação.



Figura 8: Cultivo de milho e feijão em área do antigo lixão de Juazeiro do Norte.

Outro aspecto relevante observado nas visitas de campo é a disposição irregular de grandes volumes de resíduos industriais, em terreno particular e fora dos limites do lixão (Figura 9). Visualmente é possível identificar que são, principalmente, resíduos da indústria de calçados. Vale ressaltar que parte da água superficial e de lixiviados drenados de áreas do antigo lixão e dos pontos irregulares de lixo escoam livremente para um corpo hídrico superficial (açude) como ilustrado na Figura 2b.



Figura 9: Área de disposição irregular de resíduos industriais nas proximidades do lixão de Juazeiro.

A análise da disposição final do lixo do município através do Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR), que visa sistematizar as informações sobre as condições ambientais e sanitárias, revelou uma situação bastante crítica em relação à infraestrutura e às condições operacionais do lixão. O IQR obtido para a área, considerando o período da pesquisa, foi de apenas 2,9, indicando, portanto, condições inadequadas de disposição dos resíduos. Para atingir a categoria de um aterro controlado o IQR teria de ser, no mínimo, 6,1. Analisando as “características do local” (componente do IQR) da antiga área de disposição de resíduos domiciliares (Figura 2b), o IQR seria de 2,5, isso considerando que a pontuação em relação à infra-estrutura e às características operacionais seria a mesma da área atual.

Em relação à água subterrânea foram feitas análises de poços de áreas do entorno dos lixões (Figura 2b, pontos 1, 2 e 5) que são utilizados diariamente para dessedentação de animais, irrigação e consumo humano.. Os resultados das análises de amostras de água dos referidos poços, quando comparado com os padrões da CONAMA 396/08 e Portaria 518/04 - Ministério da Saúde, apresentaram alterações em alguns parâmetros como ferro ($0,91 \text{ mg.L}^{-1}$), manganês ($0,41 \text{ mg.L}^{-1}$), alumínio ($0,47 \text{ mg.L}^{-1}$), sódio (953 mg.L^{-1}), coliformes totais ($5,4 \times 10^2 \text{ NMP/100mL}$) e nitrogênio amoniacal (14 mg.L^{-1}), sendo que os valores mais elevados que se repetiram com maior frequência foram de Fe, Mn e coliformes.

As análises da água superficial (Figura 2 – ponto 4) indicaram alguns valores acima do padrão estabelecido pela CONAMA 357/05, especialmente se comparado com o estabelecido para as águas doces Classe 1 e Classe 2. A água do referido corpo hídrico é utilizada frequentemente para dessedentação de animais e pelos catadores do

lixão para banho, lavagem de roupas e de utensílios domésticos. Os principais parâmetros alterados, considerando os valores máximos, foram coliformes termotolerantes ($4,30 \times 10^2$ NMP/100mL), cloretos (1128 mg.L^{-1}), DBO ($38,41 \text{ mg.L}^{-1}$), sólidos totais dissolvidos (2098 mg.L^{-1}), nitrogênio amoniacal ($5,53 \text{ mg.L}^{-1}$) e manganês ($2,71 \text{ mg.L}^{-1}$). Em relação aos metais, a exemplo do observado para a água subterrânea, as concentrações elevadas de Mn se repetiram. Análises químicas do solo no ponto de acúmulo de lixiviado (Figura 2b, ponto 4) revelou uma concentração de manganês de 1500 mg.kg^{-1} , enquanto as concentrações naturais do solo variam de 40 a 900 mg.kg^{-1} . Portanto os níveis de manganês encontrados na água (superficial e subterrânea) podem estar associados à disposição dos resíduos sólidos.

A composição do lixiviado do lixão de Juazeiro apresenta ora características típicas de aterros relativamente recentes (5 anos) com DQO em torno de 5000 mg/L , ora de aterro maduro (10 anos) com DQO da ordem de 400 mg/L . Isso ocorre, possivelmente, pelos processos de lixiviação e diluição do percolado devido ao grande fluxo de água superficial. O vazadouro localiza-se em um ponto importante de concentração da drenagem natural, o que promove, nos períodos de chuvas, a intensa lixiviação dos materiais. Por outro lado, em parte do período seco, a água acumulada no açude (Figura 2b) a montante do atual lixão escoava através da fundação e se mistura ao percolado. As alterações no lixiviado podem ser percebidas visualmente pela frequente alteração na cor. Em relação aos metais analisados, os valores mais elevados foram relativos ao cromo ($5,5 \text{ mg/L}$) e ao manganês ($8,2 \text{ mg/L}$).

Finalmente, em relação ao solo da área de estudo (Figura 2b, pontos de 1 a 5) e sedimentos do açude, foram coletadas amostras para a determinação das concentrações de metais. Comparando os valores máximos obtidos com os de referência para solos (CETESB, 2005), observa-se que dos 15 elementos usados como padrão da qualidade do solo, seis (06) deles apresentaram alterações: bário (502 mg.kg^{-1}), cromo (312 mg.kg^{-1}), chumbo (184 mg.kg^{-1}), cobalto (23 mg.kg^{-1}), cobre (57 mg.kg^{-1}) e zinco (176 mg.kg^{-1}). Em praticamente todas as amostras de solos e de sedimentos as concentrações de bário (Ba) ficaram acima do limite de intervenção considerando o cenário agrícola, sendo que o valor máximo observado ultrapassou, inclusive, o limite de intervenção para o cenário residencial que é de 500 mg.kg^{-1} . O mesmo se verifica em relação ao cromo (Cr), cujo limite de intervenção para uso residencial é de 300 mg.kg^{-1} . Em relação ao chumbo (Pb), todas as amostras de sedimentos ficaram acima do limite de prevenção e uma delas ultrapassou o valor de intervenção agrícola (180 mg.kg^{-1}).

O valor de referência de qualidade, estabelecido com base em análises químicas dos diversos tipos de solos, indica o limite de qualidade para um solo considerado não poluído, a ser utilizado em ações de prevenção da poluição do solo e no controle de áreas contaminadas. O valor de intervenção indica o limite de contaminação do solo, acima do qual existe risco potencial à saúde humana, e será utilizado em caráter corretivo no gerenciamento de áreas contaminadas e quando excedido requer alguma forma de intervenção na área avaliada, de forma a interceptar as vias de exposição, devendo ser efetuada uma avaliação de risco (CETESB, 2005).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos sugerem um comprometimento de toda área e indicam que o antigo e o atual lixão, utilizados para a disposição dos RSU, resíduos industriais e de serviços de saúde, não apresentam nenhuma garantia técnico-ambiental para a preservação e/ou conservação do solo e dos recursos hídricos.

As características do lixiviado reveladas através de análises microbiológicas e físico-químicas indicam uma influência significativa desse efluente para a degradação ambiental da área de estudo e requer medidas urgentes visando, ao menos, a redução do volume de lixiviado e sua contenção em uma área impermeabilizada.

A área de estudo está submetida a pressões antrópicas com o uso inadequado de um ambiente rural para disposição de resíduos sólidos urbanos e o desenvolvimento concomitante de atividades agrícolas como o cultivo de milho e a pecuária extensiva em áreas contaminadas. Os solos e os sedimentos analisados apresentaram concentrações de metais tóxicos acima de alguns valores orientadores de referência de qualidade, de valores de alerta e ainda, em alguns casos, acima dos valores de intervenção considerando os cenários agrícola e residencial.

Em relação aos catadores do lixão o presente estudo, apesar do aspecto qualitativo, sugere a existência de problemas de saúde e de elevados riscos de contaminação, relacionados diretamente ao trabalho que realizam e às condições em que o mesmo é exercido. Os catadores, em geral, são conscientes desses riscos e apontaram o

uso de equipamentos de proteção individual para a execução do trabalho de catação como sendo um item importante para a melhoria das “condições de trabalho”.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) e à Direção do IFCE - Campus Juazeiro do Norte pelos recursos financeiros e o apoio logístico que possibilitaram o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALCÂNTARA, P.B. Avaliação da influência da composição de resíduos sólidos urbanos no comportamento de aterros simulados. Tese (doutorado) Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2007.
2. ALCÂNTARA, P. B.; JUCÁ, J. F. T. Recalques de Aterros: Influência da Composição dos Resíduos Sólidos, do Clima e da Biodegradação. Geotecnia (Lisboa), v. 118, p. 1-28, 2010.
3. AGUIAR, A. B. O emprego do permeâmetro de Guelph na determinação da permeabilidade do solo, de camadas de lixo e sua cobertura. Dissertação de M. Sc, Programa de Engenharia Civil / COPPE / UFRJ, Rio de Janeiro, 2001.
4. APHA - AWWA – WEF. “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”. 19th edition. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, 1998, Washington D.C.
5. BENSON, C.H; BARLAZ, M.A; LANE, D.T; RAWE, J.M. Practice review of five bioreactor/ recirculation landfills. Waste Management. v. 27, n. 1, p.13-29, 2007.
6. BOGNER, J.; MEADOWS, M.;CZEPIEL, P. Fluxes of methane between landfills and atmosphere: natural and engineered controls. Soil Use and Management. v.13, p. 268-277, 1997.
7. BRASIL. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, Brasília, 2010.
8. BRASIL, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará. Diagnóstico do Município de Juazeiro Do Norte, 1998.
9. CARVALHO, M. F. Comportamento mecânico de resíduos sólidos urbanos. Tese de D. Sc.,Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1999.
10. CARVALHO, G. M. B. S.; SOUZA, M. J. N.; SANTOS, S. M.; ALMEIDA, M. A. G.; FREITAS FILHO, M. R. Compartimentação Geoambiental da Mesorregião do Sul Cearense. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 3797-3803.
11. CEARÁ, Secretaria do Planejamento e Gestão (SEPLAG), Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) **Perfil Básico Municipal - Juazeiro do Norte**, Fortaleza-CE, 2010.
12. CEPOLLINA, M., KAIMOTO, L. S. A. & LUDEMANN, S. M. Investigação de condicionantes geotécnicos de maciços sanitários. Anais, X congresso brasileiro de mecânica dos solos e fundações, v. III, Foz do Iguaçu, 1994.
13. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB (São Paulo). Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares 2009 [recurso eletrônico] – São Paulo: CETESB, 2010.
14. _____ CETESB. DECISÃO DE DIRETORIA Nº 195-2005- E, de 23 de novembro de 2005.
15. _____ CETESB. Resíduos sólidos urbanos e limpeza pública. São Paulo, SP, 1990.
16. CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO No 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005.
17. CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, Resolução No 396, de 3 de abril de 2008.
18. D’ALMEIDA, M.L.O.; VILHENA, A. Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. 2.ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000. 370 p.
19. EHRLICH, M., ALMEIDA, M. S. S. & BARBOSA, M. C. Pollution control of Gramacho municipal landfill. 1st International Congress on Environmental Geotechnics, Edmonton, Canadá, 1994.
20. MIRANDA, E. E. de; (Coord.). Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005.

21. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008 – PNSB. Rio de Janeiro 2010.
22. JUNQUEIRA, F.F. Análise do comportamento de resíduos sólidos urbanos e sistemas dreno-filtrantes em diferentes escalas, com referência ao aterro do Jóquei Clube – DF. 289 p. Tese (doutorado) Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília. Brasília, 2000.
23. MARIANO, M. O. H. & JUCÁ, S. F. T. Monitoramento de recalques no aterro de resíduos sólidos da Muribeca. Anais, XI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Brasília, 1998.
24. MARIANO, M.O.H.; MACIEL, F.J.; FUCALE, J.F.T.J.;BRITO, A.R. Estudo da composição dos RSU do projeto piloto para recuperação do biogás no Aterro da Muribeca/PE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOTECNIA AMBIENTAL, Recife, 2007.
25. MINISTÉRIO DA SAÚDE - Portaria N.º 518, de 25 de março de 2004.
26. MIRANDA, E. E. de; GOMES, E. G. GUIMARÃES, M. Mapeamento e estimativa da área urbanizada do Brasil com base em imagens orbitais e modelos estatísticos. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005.
27. SHARHOLY, M; AHMAD, K.; VAISHYA R.C.; GUPTA, R.D. Municipal solid waste characteristics and management in Allahabad, India. Waste Management. v. 27, n. 4, p. 490-496, 2007.
28. TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VINIL S. Integrated solid waste management : engineering principles and management issues. New York : Irwin MacGraw-Hill, 1993. 978 p.