Análise das concentrações de biogás em lixão desativado no município de Juazeiro do Norte-CE

Érika Romana Gomes[1], Francisco Gleson dos Santos Moreira[1], Jéssica Bezerra de Sousa[1], Perboyre Barbosa Alcântara[2]

[1] Graduando do curso de Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE – Campus Juazeiro do Norte).e-mail:romanaerika@yahoo.com.br.
[2] Engenheiro Civil. Doutor em Engenharia Civil 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. e-mail: pbalcantara@msn.com; perboyre@ifce.edu.br.

Resumo: Nos lixões o manejo dos resíduos sólidos é feito de forma diferenciada do observado em aterros sanitários e, portanto, a evolução do processo de biodegradação, bem como a composição do biogás pode ser alterada em relação aos aterros sanitários. O estudo da geração e da composição do biogás tem sido feito principalmente em aterros sanitários ou em aterros controlados, entretanto são poucas as informações sobre as suas concentrações em lixões, especialmente, em áreas do semiárido brasileiro. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo determinar as concentrações dos principais componentes do biogás (CH_4 e CO_2) no lixão desativado do municipal de Juazeiro do Norte-CE. A investigação de campo, realizada em março de 2011, consistiu da instalação de dispositivos para o monitoramento das concentrações do biogás por meio de um detector de gases (Eagle Series Portable Multi-Gas Detector). Os resultados obtidos indicaram que nos pontos analisados as contrações de metano e de dióxido de carbono são típicas da fase de maturação de aterros sanitários.

Palavras-chave: geração de biogás, lixão, resíduos sólidos urbanos

1. INTRODUÇÃO

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. Entretanto, apesar dos avanços no Brasil, na Região Nordeste a situação da destinação final dos resíduos sólidos urbanos (RSU) ainda é muito crítica. Em 89,3 % dos municípios nordestinos os lixões são utilizados para o destino final dos resíduos sólidos, a exemplo do que ocorre no município de Juazeiro do Norte e na imensa maioria dos municípios do estado do Ceará.

Nos aterros sanitários a fase gasosa é constituída inicialmente, em grande parte, pelo ar atmosférico incorporado aos vazios dos resíduos durante os procedimentos operacionais de aterramento. Com a evolução do processo de biodegradação há uma alteração na composição da fase gasosa, devido à atuação dos diversos grupos microbianos que promovem a transformação de compostos orgânicos complexos em substâncias gasosas mais simples (ALCÂNTARA, 2007). Como bem afirma El-fadel et al. (1997), o aterro é um meio de interações multifase no qual cada uma das fases apresenta significativa variação no tempo e no espaço. Na fase aeróbia inicial, o CO_2 é produzido numa taxa proporcional ao consumo de oxigênio (O_2), enquanto a redução do nitrogênio é relativamente pequena. Após o consumo de O_2 e o estabelecimento inicial de condições anaeróbias, verifica-se uma redução brusca das concentrações de N_2 e já são produzidas quantidades relativamente altas de CO_2. Apesar da redução de N_2 e da produção de hidrogênio (H_2), o metano ainda não é produzido na fase de transição. Na fase ácida, intensifica-se a atividade microbiana, e o CO_2 é o principal gás gerado. Também são produzidas pequenas quantidades de H_2 e em alguns casos, já se verifica o início da produção de metano. Com a evolução do processo de degradação, se intensifica, na

ISBN 978-85-62830-10-5

fase seguinte, a atividade dos microrganismos metanogênicos que convertem ácido acético, CO_2 e H_2 em CH_4 e CO_2. Após a conversão em CH_4 e CO_2 de praticamente todo o material biodegradável, segue a fase de maturação final caracterizada pela redução considerável da taxa de geração de gás e pelo ressurgimento de N_2 e O_2 (FARQUHAR & ROVERS, 1973; REES, 1980; POHALAND e HARPER, 1985; TCHOBANOGLOUS, *et al*., 1993).

A geração e a composição do biogás nos aterros dependem, fundamentalmente, da composição dos resíduos, mas a taxa de bioconversão do material orgânico em biogás pode ser influenciada por diversos outros fatores que incluem aspectos ambientais, o manejo do aterro e os parâmetros físico-químicos, que estão na maioria das vezes, relacionados entre si (ALCÂNTARA e JUCÁ, 2011). Nos lixões, como o manejo dos resíduos é feito de forma diferenciada do observado em aterros sanitários, a evolução do processo de biodegradação, bem como a composição do biogás pode ser alterada em relação aos aterros sanitários. O estudo da geração e da composição do biogás tem sido feito principalmente em aterros sanitários ou em aterros controlados, entretanto são poucas as informações sobre as suas concentrações em lixões especialmente, em áreas do semiárido brasileiro. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo determinar as concentrações dos principais componentes do biogás (metano e dióxido de carbono) em um lixão desativado no municio de Juazeiro do Norte-CE, contribuindo assim para uma melhor compreensão do processo de biodegradação do lixo urbano depositado nos vazadouros a céu aberto e para uma melhor avaliação do potencial de emissão de gases de efeito estufa nessas áreas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Características gerais e localização da área de estudo

O município de Juazeiro do Norte – CE com uma população de 249.936 habitantes (IBGE, 2010), situa-se na Região Metropolitana do Cariri e fica na porção sul do estado do Ceará, limitando-se com os municípios de Caririaçu, Missão Velha, Barbalha e Crato (Figura 1). Compreende uma área de 219 km^2, localizada na carta topográfica Crato (SB.24-Y-D-I) (CEARÁ, 2003; BRASIL, 1998), com uma área urbanizada de aproximadamente 12,7 km^2 (MIRANDA, *et al.* 2005). Do ponto de vista político-administrativo o município, está incluído na Macrorregião de Planejamento Cariri Centro-Sul, Mesorregião Sul Cearense e na Microrregião do Cariri (CEARÁ, 2010).

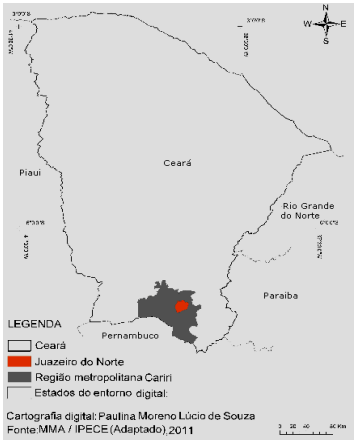

Figura 1: Localização do município de Juazeiro do Norte-CE.

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, nos meses de janeiro a maio, e temperatura média de 24º C a 26º 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).

Área de estudo

A área de estudo, antigo lixão, se localiza a cerca de 250 m da rodovia CE 060 à, aproximadamente, 4,5 km do centro da cidade. A área situa-se mais ao norte do município em uma região de domínio cristalino. A morfogênese do local é comandada pelas condições de semiaridez, verificam-se processos intensos de intemperismo físico e remoção de detritos pelo escoamento difuso e concentrado, um pequena espessura do manto de alteração das rochas com afloramentos em alguns pontos e predomínio de neossolos litolíticos. A cobertura vegetal predominante é caracterizada por caatinga com mudanças localizadas em função de alterações e de variações pedológicas. As operações de disposição final de resíduos sólidos no antigo vazadouro, foram encerradas a aproximadamente oito anos, mas não foi implementado um plano de recuperação da área ou de contenção para evitar a contaminação das áreas do entorno. Os resíduos foram cobertos 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 mostra a Figura 2, na qual é possível observar as culturas de milho e feijão, colhidas na safra de 2011.

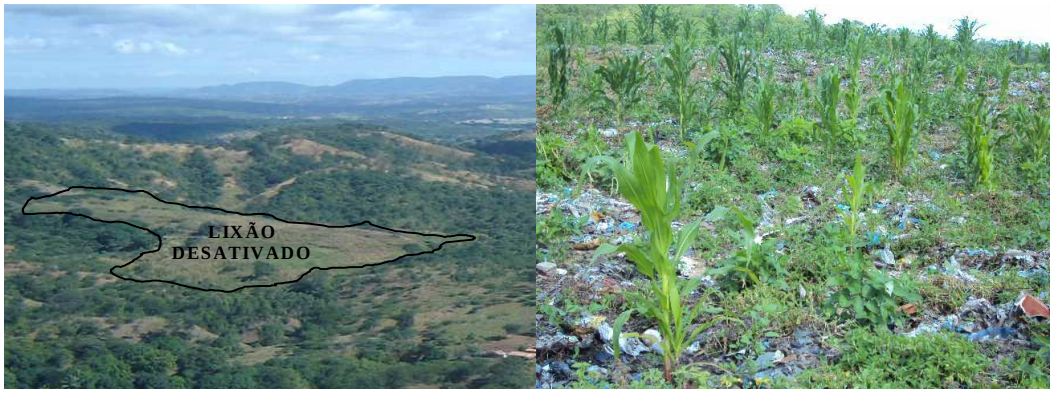

Figura 2: Vista aérea do antigo lixão de Juazeiro do Norte-CE e detalhe de plantações de grãos.

Procedimentos de investigação de campo

A investigação de campo, realizada em março de 2011, teve como principal objetivo a determinação das concentrações de gases provenientes do processo de biodegradação dos resíduos sólidos depositados no antigo vazadouro a céu aberto. Para isso, inicialmente, foi feito um levantamento na área de estudo visando à identificação dos pontos para a medição das concentrações de gases, que foram designados por P1, P2 e P3. Posteriormente, em cada ponto, foi instalado um dispositivo de medição conforme ilustrado na Figura 3.

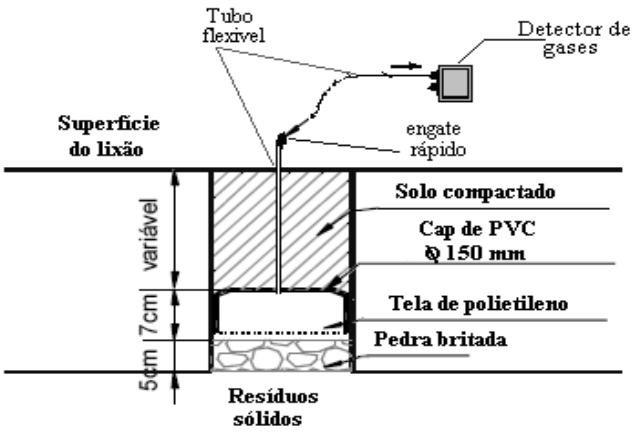

Figura 3: Esquema ilustrativo da instalação de aparato para leitura do biogás. (modificado de MACIEL, 2003).

Para a instalação de cada dispositivo foi feito um furo superficial na camada de cobertura de solo até atingir a massa de lixo sobre a qual se colocou uma camada de brita com espessura de, aproximadamente, 5 cm. Em seguida foi inserido um CAP de PVC (diâmetro de 150 mm e altura de 70 mm) com uma tela na parte inferior para evitar obstrução do mesmo. Na parte superior do CAP instalou-se um tubo flexível para a conexão do equipamento de leitura do biogás, como ilustrado na Figura 4. A Figura 5 apresenta a localização aproximada dos dispositivos para leitura do biogás.

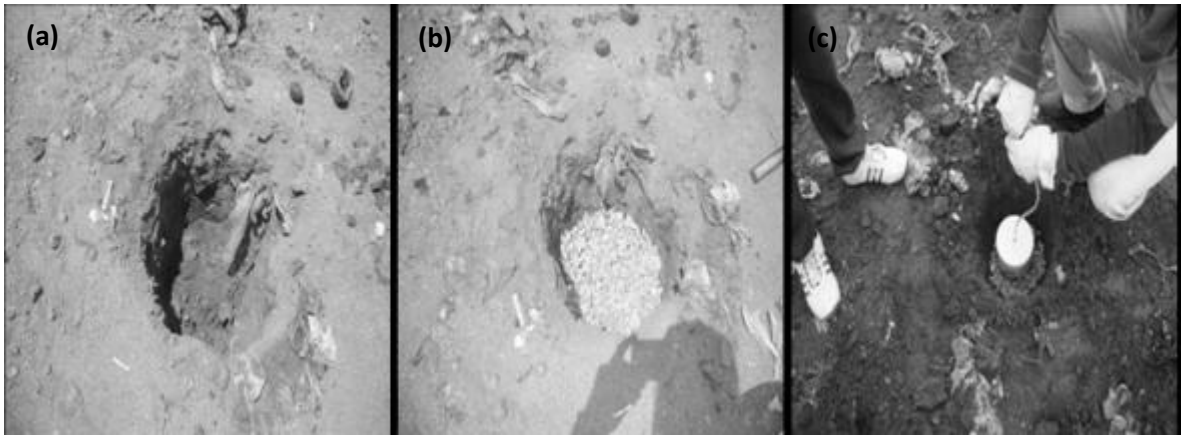

Figura 4: Instalação do aparato para leitura do biogás: a) Furo na camada de cobertura de solo; b) Adição de camada de brita; c) Inserção do CAP de PVC.

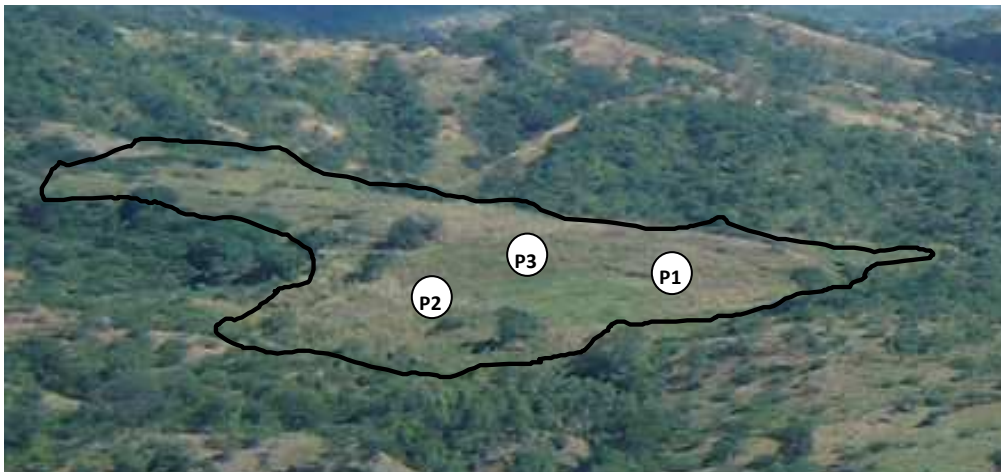

Figura 5: Localização dos dispositivos de leitura de gases na área do lixão desativado.

A estimativa das concentrações de metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), fez-se por meio de um detector de gases (Eagle Series Portable Multi-Gas Detector) dotado de um sistema de sucção acionado automaticamente, conforme ilustrado na Figura 6. As leituras foram realizadas em todos os pontos, sendo os valores expressos em porcentagem de volume (% VOL.) e, para baixas concentrações, em partes por milhão (ppm). A detecção de metano e de dióxido de carbono é feita através de um sensor IR com faixa máxima de leitura de 0 % - 100 % e 0 % - 50 % (Tabela 1) respectivamente. A Figura 6 ilustra a medição das concentrações de CH_4 e CO_2 no ponto P3.

Figura 6: Leitura das concentrações do biogás no antigo lixão de Juazeiro do Norte-CE.

Tabela 1: Indicação da faixa de leitura dos sensores de gás.

Sensor de gá	Faixa de m
Dióxido de carbon (IR Sensor)	0-5000 p
	0-10000 p
	0-5 %V
	0-20%V
	0-50 %V
Metano-CH_4 (IR S	0-100 %I
	0-100 %V

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

As análises realizadas indicaram que o biogás nos pontos P1e P2 (Figura 7) não apresentou concentrações de metano e apresentou concentrações de CO_2 no ponto P1 de 0,4 % e 6,8 % em apenas duas leituras e no ponto P2 de 2,8 %, 2,4 % e 2,7 % em três leituras (Figura 7). Em condições anaeróbias, a biodegradação da fração orgânica dos resíduos produz o biogás que é composto, principalmente, por CH_4 e CO_2, além de traços de outros gases. O monitoramento dos gases gerados em aterros sanitários serve para analisar a evolução do processo de decomposição da matéria orgânica. Vários autores admitem, de forma conceitual, que a biodegradação de RSU em aterros ocorre em, até, cinco etapas seqüenciais: i) fase aeróbia inicial; ii) fase de transição; iii) fase ácida anaeróbia; iv) fermentação metânica e v) fase de maturação. As leituras nos pontos P1 e P2 são típicas do final da fase de maturação. Nessa fase, considerada a última do processo de degradação em aterros, ocorre a redução da atividade biológica em virtude da escassez de nutrientes, uma vez que a maioria dos compostos orgânicos de rápida e média degradação sob condições anaeróbias já foi convertida em biogás ou retirados do meio juntamente com o lixiviado, restando, apenas, matérias de degradação lenta e inertes. A fase de maturação é caracterizada pela redução na produção de CH_4, CO_2 e pelo aumento nas concentrações de O_2 e N_2 (ALCÂNTARA, 2007). Em aterros sanitários a evolução das concentrações desses gases pode durar décadas até atingir a fase de maturação. Entretanto, no lixão em estudo, a exemplo de outros vazadouros a céu aberto, não é era feita a cobertura diária do lixo com solo o que contribuiria para a infiltração de grande quantidade de água de chuvas e lixiviação da matéria

orgânica. A falta de cobertura diária e a compactação inadequada do lixo também possibilitam que as transformações biológicas da matéria orgânica complexa em produtos mais simples ocorram, nos lixões, em condição semi-aeróbia alterando assim a evolução do processo de biodegradação da matéria orgânica, em relação ao observado nos aterros sanitários. Por outro lado, em lixões, frequentemente, ocorre a queima dos resíduos com conseqüente redução dos materiais biodegradáveis em algumas áreas o que também contribuiria para a redução das concentrações do biogás em um tempo bem inferior ao observado nos aterros sanitários. Finalmente, vale ressaltar que os valores nulos de CH_4 e muito baixos de CO_2 nos pontos P1 e P2, também podem ser decorrentes da presença de uma elevada concentração de resíduos industriais que eram dispostos no lixão, especialmente resíduos da indústria de calçados que são de difícil biodegradação.

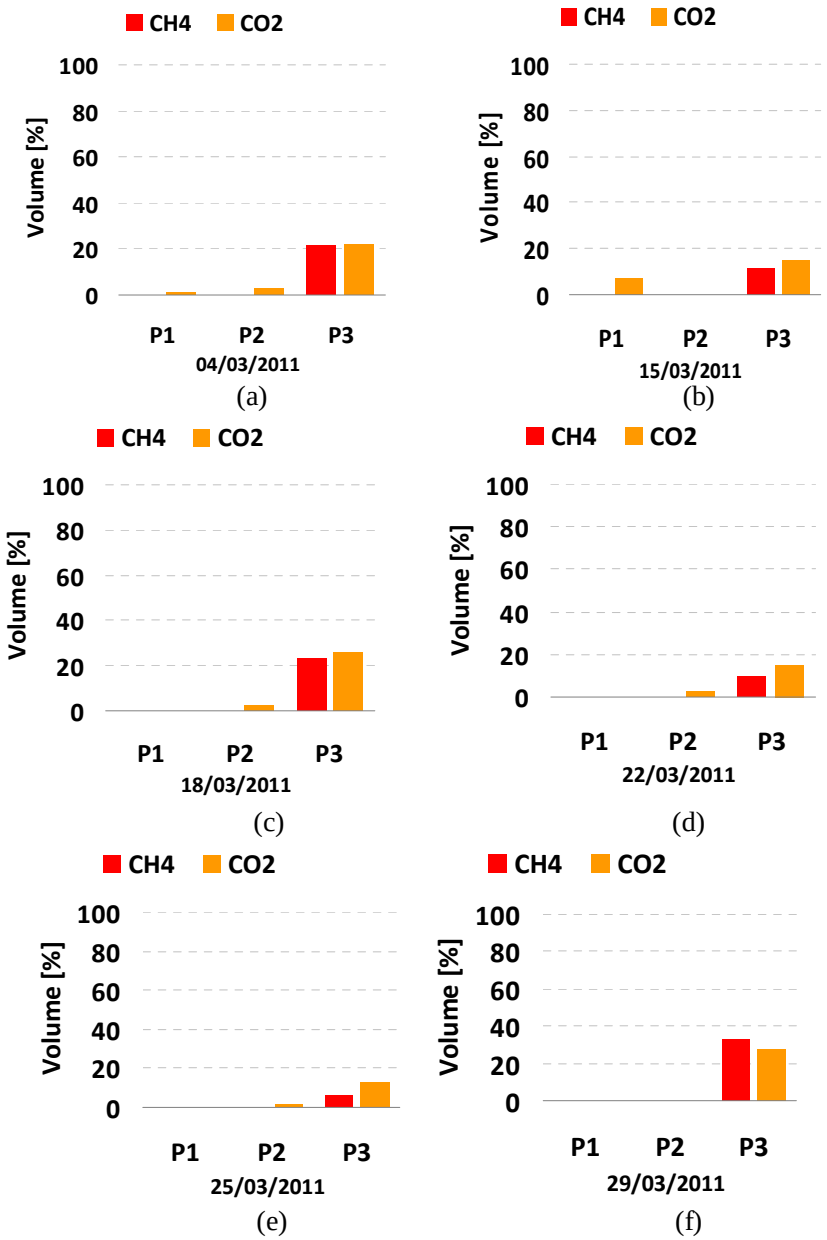

Figura 7: Leitura das concentrações de gases nos pontos P1, P2 e P3.

No ponto P3 foram observadas concentrações de metano e de dióxido de carbono em todas as leituras. Os valores de CO_2 variaram de 13 % a 28 % e os de CH_4 ficaram na faixa de 6 % a 33 % (Figura 7). Esses valores, mais elevados, ainda seriam típicos do trecho médio da fase de maturação. Na fase de fermentação metânica que antecede a fase de maturação acentua-se a atividade dos microrganismos acetotróficos e hidrogenotróficos produtores de metano e as concentrações de metano

e CO_2 atingem, respectivamente, valores numa faixa de 50 % - 70 % e 30 % - 50 % do volume do biogás produzido. Valores estes que começam a cair no início da fase de maturação. Nota-se ainda na Figura 7, uma variação considerável nas concentrações medidas que pode estar associado, entre outros fatores, às condições de umidade do solo de cobertura. As maiores leituras, especialmente, de metano foram verificadas quando o solo apresentava um teor de umidade mais elevado. Nessa condição se reduz consideravelmente a permeabilidade do solo ao gás o que justificaria uma maior retenção de gás na massa de lixo com a redução das emissões através da camada de cobertura.

4. CONCLUSÃO

Considerando os pontos analisados e as concentrações de metano e de dióxido de carbono medidas, pode-se concluir que o processo de biodegradação da matéria orgânica no antigo lixão encontra-se na fase (intermediária e final) de maturação que é caracterizada pela redução considerável da taxa de geração de biogás.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pelo apoio financeiro que possibilitou o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

REFERÊNCIAS

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.

ALCÂNTARA, P. B, JUCÁ, J. F. T. Recalque em aterros: influência da composição dos resíduos sólidos urbanos, do clima e da biodegradação. Geotecnia (Lisboa), 2010.

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.

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.

EL-FADEL, M.; FINDIKAKIS, A. N.; LECKIE, J. O. Gas simulation models for Solid Waste Landfills". **Crit. Rev.Environ. Sci. Technol.** v. 27, n.3, p. 237-283, 1997.

FARQUHAR, G. H.; ROVERS, F. A. Gás production during refuse decomposition. **Water Air Soil Pollut**. v.2, p.483-495, 1973.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008 – PNSB. Rio de Janeiro 2010.

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.

MACIEL, F. J. Estudo da geração, percolação e emissão de gases no aterro de resíduos sólidos da Muribeca/PE. 158 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2003.

MACIEL, F. J., & , JUCÁ, J. F. T. (2011). Evaluation of landfill gas production and emissions in a MSW large-scale Experimental Cell in Brazil . *Waste Management , 31* 966–977

POHLAND, F.G.; HARPER, S.R. **Critical review and summary of leachate and gas production from landfills.** Cincinnati: US Environmental Protection Agency, 1985. EPA/600/2-86/07.

TCHOBANOGLOUS, G.; THEISEN, H.; VINIL S. **Integrated solid waste management** : engineering principles and management issues. New York : Irwin MacGraw-Hill, 1993. 978 p.

REES, J.F. The fate of carbon compounds in the landfill disposal of organic matter. **J. Chem. Technol. Biotech.** v. 30, p. 161-175, 1980.