

III-330 - ESTUDO QUANTITATIVO E QUALITATIVO DO LIXIVIADO GERADO EM UM ATERRO EXPERIMENTAL**Eduardo Antonio Maia Lins⁽¹⁾**

Doutor em Geotecnia Ambiental pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Professor da Faculdade Maurício de Nassau. Tutor a Distância do Instituto Federal de Pernambuco (IFPE). Pesquisador do Grupo de Resíduos Sólidos da UFPE. Coordenador técnico do monitoramento ambiental dos Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos da Muribeca e Aguazinha - PE.

Régia Lúcia Lopes

Eng.^a Civil e Mestre em Eng.^a Química (UFRN). Doutoranda em Eng.^a Civil/Área de Geotecnia Ambiental (UFPE). Prof.^a do IFRN dos cursos Técnicos e Graduação Tecnológica da área de Meio Ambiente, desde 1991. Membro do Grupo de Resíduos Sólidos/GRS-UFPE. Diretora da ABES/RN.

Felipe Jucá Maciel

Eng.^o Civil e Mestre em Eng.^a Civil (UFPE). Doutor em Eng.^a Civil/Área de Geotecnia Ambiental (UFPE). Coordenador técnico do Projeto P & D da CHESF/UFPE na área de aproveitamento energético do biogás na Muribeca. Membro do Grupo de Resíduos Sólidos/GRS-UFPE

Cecília Maria Mota Silva Lins

Graduada em Engenharia Civil pela UFPE. Mestre em Engenharia Civil - Geotecnia Ambiental pela UFPE; Doutoranda em Engenharia Civil - Geotecnia Ambiental pela UFPE. Membro do Grupo de Resíduos Sólidos (GRS-UFPE).

José Fernando Thomé Jucá

Prof. Dept.^o Eng.^a Civil (UFPE). Doutor pela Universidad Politécnica de Madrid. Coordenador do Grupo de Resíduos Sólidos – GRS/UFPE. Coordenador do Programa de Monitoramento dos Aterros da Muribeca-PE, Aguazinha – Olinda e Metropolitano de João Pessoa. Coordenador dos Projetos PROSAB-FINEP, PRONEX e CHESF/UFPE. Consultor do Ministério das Cidades na área de resíduos sólidos.

Endereço⁽¹⁾: Av. Acadêmico Hélio Ramos, S/N – Cidade Universitária - Recife - PE - CEP: 30310-760 - Brasil - Tel: (81) 2126-8222 - e-mail: eduardomaialins@yahoo.com.br

RESUMO

A geração de líquidos lixiviados em aterros sanitários é um dos temas preocupantes em todos os projetos tendo em vista o auto poder poluidor desses líquidos e a necessidade de tratar e dar um destino adequado aos mesmos. Alguns autores afirmam que o fator determinante para as características físicas, químicas e microbiológicas do lixiviado de aterros sanitários são as características dos resíduos sólidos aterrados. Outros fatores também contribuem tanto na qualidade quanto na quantidade de líquidos lixiviados gerados em aterros que de um modo geral são o tipo de resíduo aterrado, a idade dos resíduos, as condições climáticas da região, o modo de operação e o fator extração de gás. Esse trabalho avalia a composição do lixiviado em uma célula Experimental de aterro localizada dentro da área do aterro controlado da Muribeca em Jaboatão dos Guararapes-PE, correlacionando as características do lixiviado com composição dos resíduos aterrados e a relação entre a geração de lixiviado e o balanço hídrico da região. O período de monitoramento se deu entre fevereiro de 2008 a fevereiro de 2011 utilizando os resultados de análises físico-químicas de laboratório e medições de vazão e precipitação em campo. A célula foi preenchida com 36 mil toneladas de resíduos urbanos e posteriormente encerrada com uma cobertura final. De um modo geral se observou que a maioria dos parâmetros observados no lixiviado da célula experimental foi influenciada pelas características dos resíduos aterrados com tendência de redução dos valores dos parâmetros, uma vez que a célula experimental não receberá novos aportes de resíduos, e que se encontra fechada com cobertura final concluída. Com relação aos líquidos lixiviados as variações de vazões entre períodos secos e chuvosos estão melhores relacionadas com as variações do balanço hídrico da região do que apenas com a precipitação e que não há relação imediata entre precipitação e vazão. Também se observou que está havendo diminuição de cerca de 15% de vazão entre os períodos chuvosos estando esse fato relacionado com fatores tais como o balanço hídrico que variou bastante entre cada período chuvoso e a menor quantidade de líquido na decomposição dos resíduos, tendo em vista que não se tem mais colocação de resíduos na célula.

PALAVRAS-CHAVE: Aterro Experimental, Lixiviado, Resíduos Sólidos, Composição, Balanço Hídrico.

INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos urbanos quando dispostos em aterros sanitários geram através de processos de biodegradação gases e líquidos que por suas características físico-químicas e microbiológicas são considerados poluentes ambientais. De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) divulgada em agosto de 2010, a disposição de resíduos sólidos urbanos (RSU) em aterros sanitários tem se expandido desde o ano 2000, como solução para tratamento e destino final dos municípios brasileiros, de 17,7% para 27,7%.

As características dos líquidos lixiviados em aterros dependem em grande parte das características dos materiais aterrados. Segundo Giordano (2003) a composição dos resíduos sólidos urbanos é definida pelas condições ambientais, de urbanização e pelo nível sócio-econômico da região geradora como também pelo tipo de gerenciamento dos resíduos. Nas regiões onde há coleta seletiva, as frações de papéis, plásticos e metais são reduzidas em relação aos resíduos dispostos nos aterros, e isso afeta diretamente na qualidade do lixiviado dos aterros.

Rousseaux *et al.* (1989) citado Egreja Filho (1998), fizeram uma estimativa das quantidades de metais pesados dispersos no resíduo brasileiro, assim como a contribuição de cada componente do resíduo para o teor final de metais no composto. Nesse estudo os plásticos aparecem como a principal fonte de Cádmi (67% a 77% do total). O chumbo e o cobre se manifestam em quantidades importantes nos metais ferrosos (29% a 50% de chumbo e 14 a 50% de cobre). O couro contribui com cerca de 35% do cromo e a borracha com 32% a 37% do zinco. O papel aparece como notável fonte de chumbo (10% a 14%).

De um modo geral, nota-se a presença de metais pesados de alta toxidez em componentes utilizados no dia-a-dia da população urbana e que são passíveis de reciclagem, mas que são lançados diariamente nos lixões ou aterros, podendo aumentar os impactos ambientais negativos e alterar a qualidade do lixiviado.

A quantidade de lixiviado produzido em um aterro depende de fatores como: condições meteorológicas locais (umidade, precipitação, evaporação, temperatura e ventos); geologia e geomorfologia (escoamento superficial e/ou infiltração subterrânea, grau de compactação do resíduo e capacidade dos solos em reter umidade); condições de operação do aterro (conformação e cobertura das células, grau de compactação dos resíduos, tipo de equipamento, recirculação de percolado; recalques); idade e natureza dos resíduos sólidos (tipo, umidade, nível de matéria orgânica, características); topografia (área e perfil do aterro); qualidade e quantidade de recicláveis; e finalmente hábitos populacionais (OLIVEIRA & PASQUAL, 2000; EL-FADEL *et al.*, 2001; CATAPRETA *et al.*, 2009).

A água da chuva em contato com os resíduos sólidos provoca não apenas a diluição do lixiviado existente no local como também realiza a lixivia de alguns componentes, como DBO, DQO, metais e nitrogênio amoniacal. De acordo com LINS *et al.* (2005), no Aterro Controlado da Muribeca, nos meses de déficit hídrico, a relação DBO₅/DQO apresenta valores médios aproximados de 0,15, indicando a recalcitrância do lixiviado. Já para os meses de excedente hídrico, a relação DBO₅/DQO apresenta valores médios aproximados de 0,35 indicando a presença de elementos, no lixiviado, de mediana biodegradabilidade. O autor observou que a relação DBO₅/DQO versus precipitação obteve uma linha de tendência linear direta, podendo indicar uma estreita relação da precipitação com citada relação.

Catapreta (2008) estudando a influência da precipitação em um aterro experimental sugeriu uma relação do regime pluviométrico com a vazão de líquidos no período monitorado. O autor sugere que essa influência pode ser devido à eficiência da camada de cobertura que, apesar do material empregado apresentar-se como um material argiloso, de baixa permeabilidade, não foi suficiente para reter, ou impedir, a penetração das águas de chuva. Parte dessa infiltração pode ser atribuída a trincas no topo do aterro, podendo ter contribuído significativamente para o aumento no nível de lixiviados no interior do Aterro Sanitário Experimental, como foi observado na pesquisa.

Este trabalho tem como objetivo principal avaliar a composição do lixiviado da célula experimental de aterro localizada dentro na área do aterro controlado da Muribeca em Jaboatão dos Guararapes-PE, fazendo a relação entre as características do lixiviado com a composição dos resíduos aterrados e relação entre a geração de lixiviado e o balanço hídrico da região.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

Esse estudo foi realizado na célula experimental localizada no aterro da Muribeca-PE. Essa célula foi implantada numa área de base de 5.993 m² e preenchida no período de junho de 2007 a fevereiro de 2008 com 36.659 toneladas de resíduos, que foram caracterizados na entrada da célula.

A Célula Experimental foi dimensionada e construída com as premissas básicas da engenharia de projetos de aterros sanitários, tendo uma altura máxima 9 m, distribuída em dois patamares com 3,0 m e 6,0 m de altura. A impermeabilização de base foi realizada com solo argiloso compactado, possuindo sistemas de drenagem de lixiviados e biogás, bem como drenagem de água pluvial na cobertura final. Trata-se de uma célula piloto para estudos de geração de energia elétrica a partir do biogás gerado pela biodegradação, sendo essa célula preenchida entre maio de 2007 a dezembro de 2007 e coberta em fevereiro de 2008. A Figura 01 mostra a célula experimental.



Figura 01. Foto aérea do aterro experimental (Acervo EMLURB – abril/2009)

Caracterização dos Resíduos Aterrados

A caracterização foi realizada previamente ao enchimento da Célula Experimental e durante o aterramento dos resíduos. Na fase de pré-enchimento a metodologia empregada foi a descrita por Mariano *et al.* (2007), que se baseia na separação das frações dos resíduos de cerca de 500 Kg oriundos do quarteamento feito de um caminhão de coleta domiciliar. Um total de 10 rotas de coleta de bairros de classe média e média baixa da Cidade do Recife/PE foi selecionado para avaliação da composição dos resíduos que seriam dispostos na célula.

Na fase de aterramento dos resíduos foram realizados mais 15 ensaios de caracterização diretamente de dentro da célula, em locais fixados em relação à cota (altura dos resíduos na célula) e distância para os drenos verticais. Uma circunferência hipotética de raio 5,0 ou 10,0 metros era traçada em torno dos drenos verticais e quatro amostras de resíduos eram retiradas, respectivamente, dos quatro quadrantes da circunferência e colocadas em baldes distintos. Posteriormente os materiais eram separados em suas respectivas frações e pesados, como descrito por Maciel (2009).

Caracterização do Lixiviado

As análises do lixiviado foram realizadas através da amostragem simples realizadas mensalmente. Para caracterização deste efluente foram selecionados os seguintes parâmetros: DQO, DBO, pH, condutividade, cor, turbidez, alcalinidade, série de sólidos, nitrogênio amoniacal, Fósforo Total, Sulfato, Sulfetos e Metais Pesados. A metodologia adotada para análise físico-química do lixiviado foi baseada nos procedimentos estabelecidos pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998). Todos os

ensaios foram realizados no Laboratório de Geotecnia Ambiental do Grupo de Resíduos Sólidos - GRS, no Departamento de Engenharia Civil, excetuando-se as análises de metais pesados que foram realizados no Laboratório de Engenharia Ambiental e Qualidade (LEAQ).

Obtenção de Dados Climatológicos e da Produção de Lixiviado

A determinação da vazão do lixiviado em campo foi realizada através de medições semanais em poço de jusante, que recebe toda contribuição da drenagem de base da Célula Experimental. O método utilizado consistiu em preencher, parcialmente, um Becker plástico graduado, durante cerca de 30 segundos, com o tempo marcado em cronômetro digital. Esse procedimento era repetido no mínimo três vezes obtendo-se a média semanal da vazão através da relação vazão por tempo. O monitoramento da vazão do lixiviado foi iniciado antes da conclusão da Célula Experimental em fevereiro de 2008 e neste trabalho é mostrado até fevereiro de 2011. Os dados climatológicos foram obtidos através da estação Recife-Curado (INMET), que se localiza a cerca de 10 km do Aterro e evapotranspiração estimada através do método de Thorthwaite modificado por Camargo *et al.* (1999).

RESULTADOS

A composição gravimétrica dos resíduos possui grande influência na qualidade do lixiviado como já observado por inúmeros autores. A caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos colocados na célula experimental é mostrada na Figura 02 e é resultado da média entre os resíduos caracterizados na fase de pré-enchimento e na fase de enchimento, determinados em Maciel (2009).

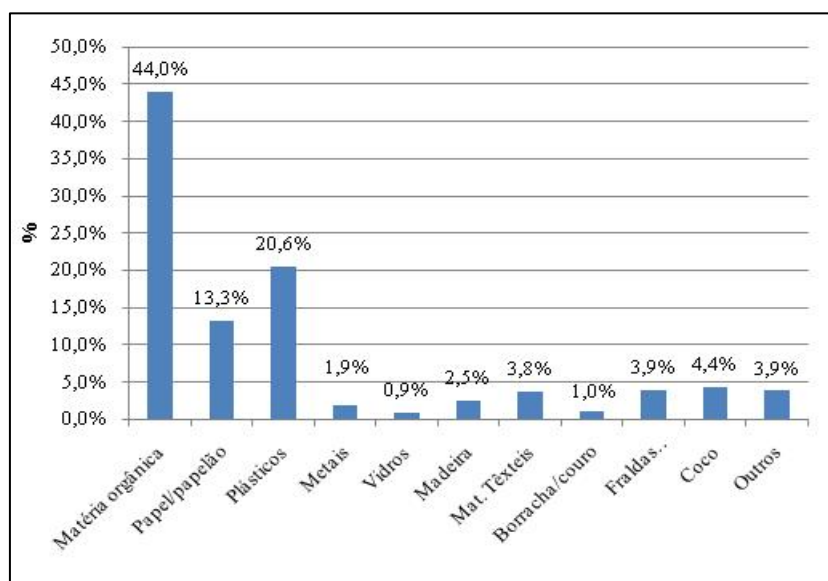


Figura 02. Composição gravimétricas dos resíduos da célula experimental.

O resultado da caracterização do lixiviado está apresentado na Tabela 01 com seus respectivos desvios padrões.

Tabela 01 – Caracterização do Lixiviado da Célula Experimental.

Parâmetros	Média	Desvio Padrão
pH	8,1	0,3
DBO (mg/L)	2821,7	1901,1
DQO (mg/L)	9143,6	5572,8
DBO/DQO	0,3	0,1
Cor (HZ)	22513,3	5134,3
Turbidez (NTU)	354,3	277,1
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	29104,2	2308,2
Alcalinidade Total (mgCaCO_3/L)	12150,7	1257,7
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	2976,3	1043,4
Fósforo total (mg /L)	12,3	2,0
Sulfato (mg/L)	1220,9	436,3
Sulfeto (mg/L)	4,0	1,4
Cloreto (mg/L)	394,0	148,4
ST (mg/L)	17306,4	2756,1
STF (mg/L)	11814,2	1404,9
STV (mg/L)	5483,9	1439,9
SST (mg/L)	753,1	316,9
SDT (mg/L)	16553,3	2508,3
Fe (mg/L)	10,78	2,4
Mn (mg/L)	4,73	0,9
Zn (mg/L)	0,51	0,1
Cd (mg/L)	0,05	0,02
Cu (mg/L)	0,11	0,03
Ni (mg/L)	1,25	0,16
Pb (mg/L)	0,76	0,04
Cr (mg/L)	0,20	0,02

De um modo geral, as características do lixiviado medidas na célula experimental indicam que o efluente encontra-se em uma fase de transição de decomposição entre acetogênica e metanogênica (relação DBO/DQO = $0,31 \pm 0,06$; pH $8,1 \pm 0,3$; DBO > 2.500 mg/L; DQO > 9.000 mg/L e condutividade > 29.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). A DQO elevada pode estar relacionada aos resíduos urbanos de materiais orgânicos de difícil degradação que foram encontrados na caracterização dos resíduos como: côco, madeira, borracha e materiais têxteis. Estes resíduos conferem ao lixiviado uma característica recalcitrante, dificultando o seu tratamento em sistemas biológicos.

De acordo com Souto & Povinelli (2007) a DBO, DQO, pH e condutividade encontram-se na faixa mais provável dos encontrados em aterros sanitários brasileiros. Observou-se no decorrer do período avaliado uma variação no pH, com redução nos metais pesados e um aumento da amônia no lixiviado da célula experimental da Muribeca. A variação de pH do lixiviado pode estar ocorrendo devido a atividade microbiana, e o acúmulo de NH_3 pode estar elevando o pH do lixiviado, reduzindo também a disponibilidade de poluentes como os metais pesados.

Quanto à cor do lixiviado, este parâmetro foi reduzido em cerca de 40% no período avaliado. A concentração média da cor para todos os períodos estudados foi de 22.513 ± 5.134 UH podendo indicar um lixiviado bastante concentrado em substâncias húmicas e fúlvicas tendo em vista que a cor verdadeira ou real de lixiviados está relacionada com os sólidos dissolvidos e colóides, mais especificamente com a presença dos compostos húmicos gerados pela presença de matéria orgânica presente nos resíduos. Ainda de acordo com a Tabela 1, a concentração da Turbidez em $354,30 \pm 277,1$ NTU demonstra um efluente bastante turvo quando comparado ao efluente doméstico. Ressalta-se também a sua grande variação no decorrer do tempo, como se pode observar em seu desvio padrão.

Em relação aos metais pesados presentes no lixiviado, os plásticos podem ser a principal fonte de Cádmiu como observado por Egreja Filho (1998). Para o autor, a presença de Cromo e Zinco no lixiviado pode está relacionado com a quantidade de couro e borracha, enquanto que o papel e papelão são considerados como fontes de Chumbo.

Com relação aos líquidos lixiviados os dados do monitoramento mostram que a geração de lixiviados se deu antes da conclusão de todo preenchimento da célula. Isso se deve ao processo de biodegradação dos resíduos ter sido acelerado em função da célula estar descoberta, contribuindo assim para geração de líquido através de processos aeróbios e do acréscimo de umidade devido a infiltração direta da precipitação na massa de resíduos. Outra explicação é a possibilidade de formação de caminhos preferenciais devido a heterogeneidade dos resíduos que podem levar ao comportamento diferentes na massa e acúmulo de líquidos em determinadas regiões fazendo com que a capacidade de campo do resíduo seja atingida e se dê início ao escoamento.

No período de monitoramento a vazão mensal de lixiviado medida na Célula Experimental foi de 0,52 l/min a 6,49 l/min, com média mensal de $1,63 \pm 1,17$ l/min. Essa faixa de variação foi superior à observada em outro aterro experimental em Belo Horizonte (0,02 l/min a 2,6 l/min) cujo volume de resíduos aterrados foi inferior (8.600 ton) e onde o índice pluviométrico anual no período monitorado (1.322 mm) também é inferior ao da região da célula experimental da Muribeca (2.286 mm). A Figura 03 mostra a variação entre a vazão mensal e a precipitação e a vazão e precipitação acumuladas no período.

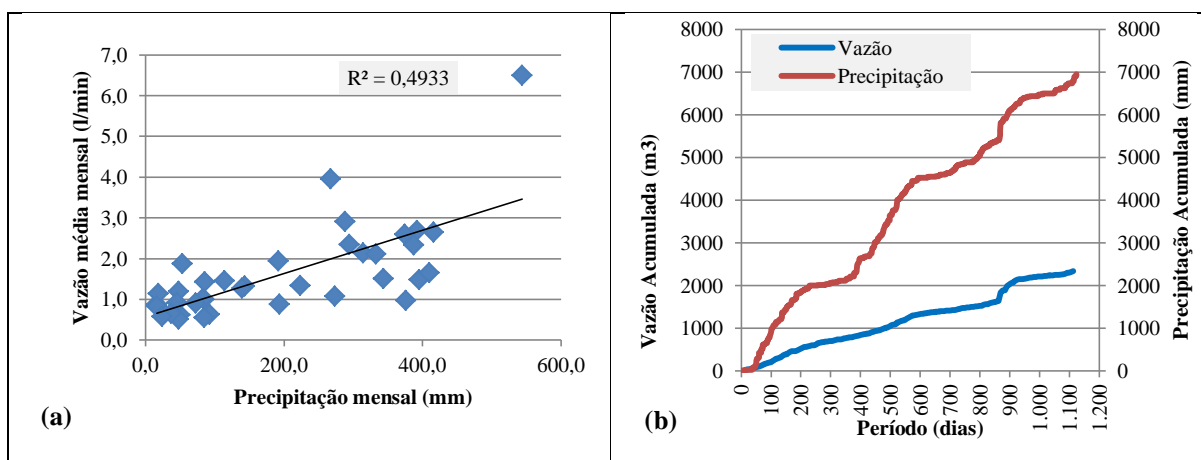


Figura 03. (a) Variação de vazão média mensal de lixiviado em função da precipitação e (b) Vazão e precipitação acumuladas no período de monitoramento.

Observa-se na Figura 03(a) que o coeficiente de correlação (R^2) entre precipitação mensal e a vazão média foi de 0,46, indicando uma correlação fraca positiva, de acordo com Santos (2007). Nesse período observou-se que o aumento na geração de lixiviado não se dá de forma instantânea com a variação de precipitação como pode ser visto na Figura 03(b). Isso se deve ao fato de que é necessário um tempo após o início da precipitação para que o solo de cobertura e a massa de resíduos atinjam a saturação, ultrapassando então sua capacidade de retenção de água e iniciando-se a drenagem. Da mesma forma, quando há um decréscimo na precipitação, a diminuição na vazão só se dá quando toda a umidade excedente é drenada, devido à saturação da massa de resíduos. Os picos de vazão observados no monitoramento podem estar associados a precipitações pontuais de grande intensidade, como as verificadas no mês de junho de 2010.

Nesse período as vazões médias e os valores de precipitação acumulada variaram de acordo com os dados da Tabela 02.

Tabela 02: Variação da vazão de lixiviado entre períodos secos e chuvosos

PERÍODO DO MONITORAMENTO	Excedente/ Deficiência hídrica (mm)	Precipitação acumulada (mm)	Vazão média do Lixiviado (l/min)
1º período chuvoso (mar/08 a ago/08)	1.743,3	2.185,8	$2,32 \pm 0,46$
1º período seco (set/08 a jan/09)	-209,5	596,8	$1,18 \pm 0,36$
2º período chuvoso (fev/09 a ago/09)	1.111,2	1.905,0	$1,98 \pm 0,59$
2º período seco (set/09 a fev/10)	-371,9	435,9	$0,80 \pm 0,19$
3º período chuvoso (mar/10 a ago/10)	666,9	1.483,3	$2,59 \pm 2,23$
3º período seco (set/10 a fev/11)	-212,7	581,8	$0,89 \pm 0,35$

O coeficiente de correlação (R^2) entre a vazão média medida e a precipitação acumulada, verificadas nos períodos secos e chuvosos, durante o monitoramento foi de 0,74, sendo considerado por Santos (2007) uma correlação moderada positiva.

Observa-se que no 3º. período chuvoso pode ter havido erros de medição na vazão, ou medições pontuais em períodos concentrados de alta precipitação como os observados em 3 dias de chuvas intensas somando-se 348,5 mm, em 18 de junho/2010 e a outra 75 mm em 09 de julho de 2010, o que levou a uma média mensal mais alta do que no primeiro e segundo períodos chuvosos, com um desvio padrão também muito elevado. Essa suposição tem relação com as dificuldades de medição de vazão em períodos chuvosos devido a canalização de chegada à caixa de reunião do lixiviado ter um pequeno desnível interno, dificultando a coleta do lixiviado.

Excetuando-se essas duas medições observa-se uma correlação muito forte entre a vazão medida com o excedente/deficiência hídrica nesse período como mostrado na Figura 04.

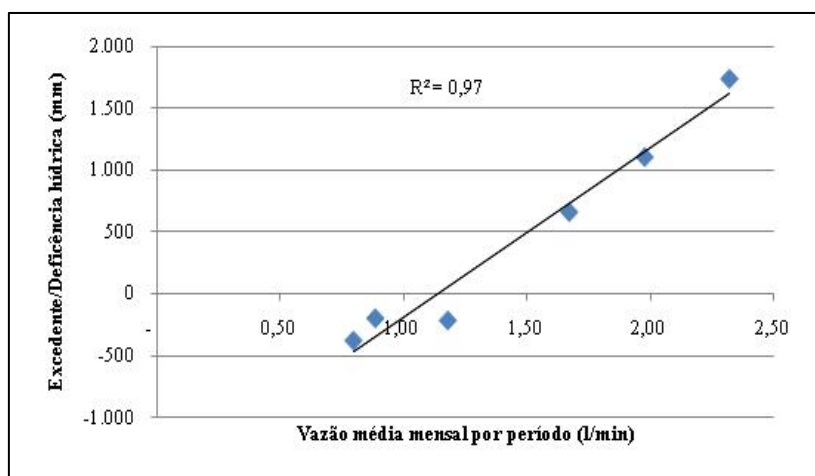


Figura 04. Variação de vazão média mensal de lixiviado e excedente/deficiência hídrica.

O coeficiente de correlação (R^2) nesse caso passa a ser 0,97, ou seja, uma correlação fortemente positiva. Levando em consideração essa hipótese, verifica-se também que a vazão entre períodos chuvosos vem diminuindo cerca de 15% podendo-se este fato estar relacionado com fatores tais como o balanço hídrico em cada período chuvoso, que precipitação acumulada que varia a cada período chuvoso e menor quantidade de líquido na decomposição dos resíduos, tendo em vista que não se tem mais adição de resíduos na célula.

Com relação aos ciclos chuvosos-secos observa-se também uma diminuição de vazão a cada período. Do primeiro 1º período chuvoso (março a agosto/2008) para o 1º período seco (setembro/2008 a fevereiro/2009) houve uma diminuição de 49% na vazão média. Do segundo período chuvoso (março a agosto/2009) para o segundo período seco (setembro/2009 a fevereiro de 2010) a vazão diminuiu 60% e do terceiro período chuvoso (março a setembro/2010) para o terceiro período seco (setembro de 2010 a fevereiro/2011) a vazão diminuiu 47%. Essas variações de vazão entre ciclos chuvosos e secos também foi observado por Catapreta (2008) em uma célula experimental, com diminuição de cerca de 45,5% de um ciclo para outro.

No período monitorado observou-se que 75% das medições da vazão foram inferiores a 2,11 l/min, sendo esse valor inferior ao utilizado para o dimensionamento do sistema de drenagem da Célula Experimental que foi de 3,81 l/min. Isso demonstra a necessidade de se utilizar métodos mais precisos para determinação das vazões de dimensionamento que levem em consideração outros parâmetros além da pluviometria tais como capacidade de retenção de umidade tanto pelas camadas de cobertura quanto pelos resíduos, além das condições de saturação dos resíduos nos períodos posteriores aos meses de maior precipitação.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que de um modo geral, a maioria dos parâmetros observados no lixiviado da célula experimental foi oriunda dos resíduos aterrados e tenderá naturalmente a redução dos valores uma vez que a célula experimental não receberá novos aportes de resíduos, e que a célula encontra-se

com sua camada de cobertura final concluída. As atuais características do lixiviado indicam que o efluente encontra-se em uma fase de transição de decomposição entre acética e metanogênica.

Com relação aos líquidos lixiviados as variações de vazões estão melhores relacionadas com as variações do balanço hídrico da região do que apenas com a precipitação. Os resultados durante o período monitorado sugerem que as vazões de líquidos lixiviados não são imediatamente afetadas pelas precipitações, levando certo tempo para que seja observada influência das chuvas sobre o volume de líquidos, possivelmente devido ao tempo necessário para a que a camada de solo de cobertura e a massa de resíduos atinjam sua capacidade de retenção de água, dando-se início a drenagem. Observou-se também uma diminuição de vazão entre ciclos chuvosos e secos estando essas variações fortemente correlacionadas com as variações no balanço hídrico em cada período. Verificou-se que a vazão entre períodos chuvosos vem diminuindo cerca de 15% estando devido a fatores tais como as variações no balanço hídrico e menor quantidade de líquido na decomposição dos resíduos, tendo em vista que não se tem mais colocação de resíduos na célula.

A vazão média observada no período monitorado foi inferior a 50% da vazão utilizada no dimensionamento dos sistemas de drenagem havendo, portanto, necessidade de se ter métodos de estimativas de vazão mais aproximadas que levam em consideração não só taxas de infiltração de chuvas na área de cobertura do aterro, mas também a capacidade do solo e dos resíduos de absorverem uma quantidade de líquidos e como mostrou o trabalho o balanço hídrico da região, que se relacionou fortemente com as vazões medidas. Com isso as estruturas que drenagem poderiam ser dimensionadas de acordo com vazões mais aproximadas da realidade, não sendo super ou sub dimensionadas em projetos de aterros sanitários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20. ed. Washington: American Public Health Association. 1220 p.
2. CAMARGO, A.P.; MARIN, F.R.; SENTELHAS, P.C.; PICINI, A.G. (1999) Ajuste do método de Thornthwaite para estimar a evapotranspiração potencial em climas árido e super úmidos, baseados na amplitude de temperatura diária. Revista Brasileira de Agrometeorologia. 7 (2), pp.251–257.
3. CATAPRETA, C. A. A. (2008) Comportamento de um Aterro Sanitário Experimental: Avaliação da influência do projeto, construção e operação. Belo Horizonte. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Minas Gerais.
4. CATAPRETA, C. A. A.; SIMÕES, G. F.; LANGE, L. C. (2009). Características físico-químicas dos líquido lixiviados gerados em um aterro sanitário experimental. In: 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Recife - PE.
5. EGREJA FILHO, F. B.; REIS, E. L.; JORDÃO, C. P.; PEREIRA NETO, J. T. (1999). Avaliação Quimiométrica da Distribuição de Metais Pesados em Compostos de Lixo Urbano Domiciliar. Química Nova, v. 22, n. 3, p. 324 – 328.
6. LANGE, L. C.; AMARAL, M. C. S. (2009) Geração e Características do Lixiviado. In: GOMES, L. P. (Coord) Estudos de Caracterização e Tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições brasileiras. Rio de Janeiro, ABES. 358p.
7. MACIEL, F. J. (2009) MACIEL, F. J. (2009) Geração de biogás e energia em aterro experimental de resíduos **sólidos urbanos**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. 354 p.
8. MARIANO, M. O. H.; (2008) Avaliação da retenção de gases em camadas de cobertura de aterro de resíduos sólido. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Engenharia Civil. Recife-PE. 243p.
9. OLIVEIRA, L. & PASQUAL, A. Monitoramento de Lixiviados de Aterro Sanitário. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27. Porto Alegre, 2000. Anais...Porto Alegre: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000. 521p. CD ROM.
10. SANTOS, C. (2007), Estatística Descritiva - Manual de Auto-aprendizagem, Lisboa, Edições Sílabo.
11. SOUTO, G.D.B.; POVINELLI, J. (2007). Características do lixiviado de aterros sanitários no Brasil. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte-MG.