



II-214 - ESTUDO DA PRODUÇÃO DE LODO DE ESGOTO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM E DA CAPACIDADE DE DISPOSIÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DO AURÁ PARA OS PRÓXIMOS 20 ANOS.

Débora Suely A. da Cunha⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará. Especialista em Engenharia Ambiental Urbana, pela Universidade da Amazônia. Mestranda em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade Federal do Pará (UFPA). Integrante do Grupo de Pesquisa Hidráulica e Saneamento (GPHS/UFPA).

José Almir Rodrigues Pereira

Engenheiro Sanitarista pela UFPA. Mestre em Recursos Hídricos pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB. Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo – EESC/USP. Professor Associado I do Instituto de Tecnologia e Coordenador do GPHS da UFPA.

Valdinei Mendes da Silva

Engenheiro Sanitarista pela UFPA. Professor do Instituto Federal do Pará (IFPA) Campus Abaetetuba, Doutorando do Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica da Universidade Federal do Pará (UFPA) e Pesquisador do Grupo de Pesquisa Hidráulica e Saneamento GPHS/UFPA.

Aline Christian Pimentel Almeida Santos

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará. Pós-Graduada do Curso de Especialização em Geotecnologias do Instituto de Estudos Superiores da Amazônia (IESAM). Mestranda em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade Federal do Pará (UFPA). Técnica em Agrimensura pelo Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET/PA) Integrante do Grupo de Pesquisa Hidráulica e Saneamento (GPHS/UFPA).

Endereço⁽¹⁾: Rod. Mario Covas, Resid. Biarritz 1455, Bl. 05 Apt. 304-Coqueiro-Ananindeua - PA - CEP: 67130-330 - Brasil - Tel: (31) 3235-0639 - e-mail: deboracunha@globocom

RESUMO

O crescimento da população e a necessidade de melhoria das condições sanitárias das cidades provocam expansão das unidades de tratamento de esgoto nas áreas urbanas, o que resulta em grande quantidade de lodo, tornando assim um grande problema, devido ao descarte indiscriminado desse resíduo no meio ambiente. No caso das estações de tratamento de esgotos, grande parte dos projetos não contempla o destino final do lodo produzido, fazendo com que os benefícios da coleta e tratamento dos esgotos sejam diminuídos pela formação de novo problema ambiental. Além disso, a adequada disposição do lodo pode atingir até 50% dos custos operacionais em uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), sendo essa etapa muitas vezes problemática e negligenciada na operação das ETes. Nos tanques sépticos a falta de fiscalização, planejamento e de locais adequados para a destinação final desse lodo são problemas observados em muitas cidades. A Região Metropolitana de Belém possui poucas e incompletas informações sobre a produção e destino final de lodo de esgoto, pois apenas pequena parte do lodo gerado nos tanques sépticos e nas ETes coletivas é desaguado e disposto sem controle no Aterro Sanitário do Aurá, portanto, é muito comum o lançamento indevido de lodo em corpos d'água e no solo, o que agrava os problemas de poluição/contaminação na área urbana. Diante desse problema faz-se necessário a verificação da produção de lodo para os próximos 20 anos e há também a necessidade de se verificar se há área para disposição de lodo no Aterro Sanitário de Belém. Sendo assim, trabalho tem como objetivo analisar o aumento da produção lodo e avaliar o seu impacto no aterro sanitário do Aurá. No trabalho foi constatado apesar da projeção do volume de lodo desaguado de ETes coletivas não ter grande impacto percentual no volume de resíduos sólidos domiciliares no período estudado, a falta de áreas disponíveis no Aterro do Aurá é tema que deve ser resolvido com a máxima brevidade, pois, caso contrário, os resíduos sólidos domiciliares e o lodo de esgoto gerados na RMB não serão dispostos adequadamente, já que a previsão é o rápido comprometimento do volume livre do Aterro Sanitário do Aurá.

PALAVRAS-CHAVE: lodo de esgoto, produção, tratamento, tanque séptico, estação de tratamento de esgoto, aterro sanitário.



INTRODUÇÃO

No tratamento de esgoto são gerados três subprodutos: o efluente líquido tratado, que é encaminhado ao corpo receptor; os gases, que devem ser tratados ou queimados antes do lançamento na atmosfera; e o lodo, que deve ser desaguado e tratado antes de ser transportado para destinação final ou aproveitamento.

O lodo do tratamento biológico de esgoto pode ser classificado como primário ou secundário. O lodo primário é obtido na sedimentação de material particulado do esgoto em fossas sépticas e decantadores primários. Já o lodo secundário é proveniente de reatores biológicos e deve possuir sólidos não-biodegradáveis contidos no afluente e massa microbiana que cresce no reator (AISSE et al., 1999). De acordo com Von Sperling e Gonçalves (2001), dependendo do ambiente, o lodo secundário pode ser de natureza aeróbia ou anaeróbia. Existe ainda, o lodo químico, gerado na etapa físico-química no sistema, com a finalidade de melhorar o desempenho do decantador primário e dar polimento ao efluente secundário.

De acordo com Silva et al. (2007), o lodo de esgoto apresenta vários componentes orgânicos e minerais que conferem características de fertilizantes, porém pode também possuir outros componentes indesejáveis, pelo risco sanitário e ambiental. Esses componentes são os metais pesados, poluentes orgânicos variados e microrganismos patogênicos.

Tsutiya et al. (2001) observam que o lodo é um material heterogêneo cuja composição depende do tipo de tratamento empregado para purificar o esgoto, das características das fontes geradoras (população e indústrias) e de seu caráter sazonal.

Esse material residual é considerado como resíduo sólido. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004), na NBR 10.004, define como resíduos sólidos, os resíduos no estado sólido e semi-sólido, resultantes de atividades doméstica, hospitalar, comercial, industrial, agrícola e de serviços e de varrição. Também estão incluídos nessa definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, os gerados também em equipamentos e instalações de controle de poluição, além de determinados líquidos cujas suas particularidades tornem inviáveis seu lançamento na rede pública de esgoto ou corpos d'água.

Na maioria dos municípios brasileiros são pouco conhecidas, controladas e fiscalizadas as quantidades e características do lodo produzido em sistemas de tratamento coletivos (Estações de Tratamento de Esgoto - ETEs) e individuais (especialmente tanques sépticos), o que indica que parte desse material é descartada de forma irregular no meio ambiente.

A falta de planejamento e de locais adequados para a destinação final do lodo de esgoto é problema observado em muitas cidades de pequeno, médio e grande porte, sendo cotidianamente agravado com o crescimento da população que resulta em expansão das unidades de tratamento de esgoto nas áreas urbanas.

Em muitas cidades o lodo de esgoto é destinado para lixões, terrenos desocupados e até mesmo, corpos d'água, o que não representa solução técnica adequada, podendo assim ocasionar poluição / contaminação do meio ambiente.

A destinação de lodo de esgoto para aterros sanitários e aterros controlados é mais indicada, apesar de ocupar espaço nem sempre previsto no projeto e na operação desses pontos de destinação final de resíduos sólidos, demonstrando, portanto, pequena integração na gestão desses dois sistemas de saneamento.

A falta de planejamento municipal repercute em muitos desses projetos de infraestrutura urbana. No caso dos projetos de esgotamento sanitário, é normalmente proposto o desaguamento do lodo e a incorporação desse material no sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos do Município, não sendo detalhadas outras alternativas para aproveitamento. Silvério (2004) diz que esse material residual pode ser aproveitado no uso agrícola e florestal (aplicação direta no solo, compostagem, fertilizante e solo sintético), recuperação de solos (recuperação de área degradada e de mineração), conversão de óleo combustível e pode ser reusado na indústria na produção de agregado leve, fabricação de tijolos e cerâmica e produção de cimento.

Como em muitos municípios brasileiros, a Região Metropolitana de Belém poucas e incompletas informações sobre a produção e destino final de lodo de esgoto, com apenas pequena parte do lodo gerado, em tanques sépticos e em ETEs coletivas, desaguada e disposta no Aterro Sanitário do Aurá, portanto, ainda é muito comum



o lançamento indevido de lodo em corpos d'água e no solo, o que agrava os problemas de poluição/contaminação na área urbana.

Assim, o presente estudo tem como objetivo analisar o aumento da produção lodo de esgoto desaguado no período de 2008 a 2029, avaliando o impacto do volume desse material em relação ao volume de resíduos sólidos domiciliares (lixo) e ao espaço disponível nas células do Aterro Sanitário do Aurá, que atualmente é utilizado como ponto de destinação final dos resíduos sólidos domiciliares gerados nos três maiores municípios da RMB, no caso Belém, Ananindeua e Marituba.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida na Região Metropolitana de Belém, que é composta pelos municípios de Belém, Ananindeua, Benevides, Marituba e Santa Bárbara do Pará, sendo destinada a avaliação da capacidade do Aterro Sanitário do Aurá para recebimento de lodo de esgoto no período de 2009 a 2029. Esse Aterro está localizado na periferia de Belém, na divisa com Ananindeua, distante, aproximadamente, 19 Km do centro de Belém, capital do estado do Pará (CARNEIRO, 2006). Na Figura 1 é mostrada a localização do Aterro Sanitário do Aurá.

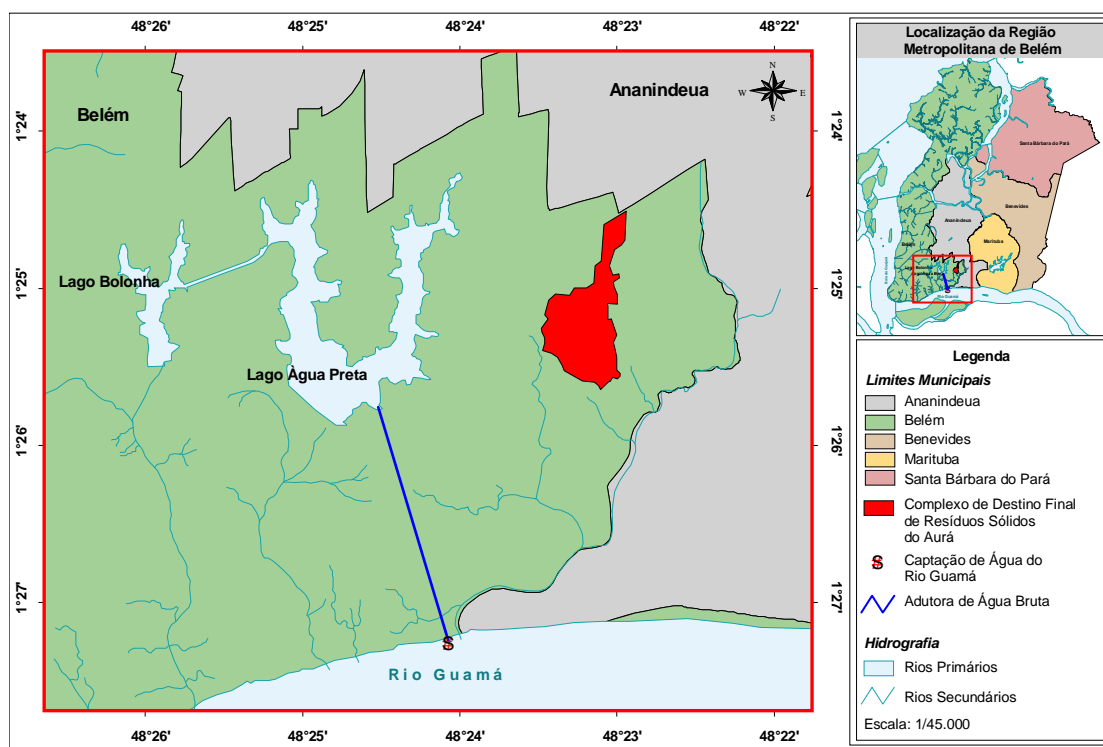


Figura 1: Localização do complexo de destino final de resíduos sólidos do Aurá.

O trabalho foi dividido em duas fases. Na Fase I foram estimados os volumes de lodo de esgoto (bruto e desaguado) de tanques sépticos e de ETEs na RMB no período de 2008 a 2029, sendo a Fase II destinada à análise da capacidade do Aterro Sanitário do Aurá como local de disposição do lodo do referido período.

A Fase I foi dividida em três etapas. Na Etapa 1 foi determinado o volume de lodo gerado nos tanques sépticos, por meio da expressão $V_{\text{lodo TS}} = N \cdot V_{\text{ITS}} \cdot 0,5$ (equação(1)), considerando N número de tanques Sépticos, V_{ITS} volume de um tanque séptico e 0,5 o percentual de lodo removido de 1 TS.

O número de tanques sépticos N em 2008 foi determinado com base nos dados da Pesquisa Nacional por Amostragem de Domicílios 2007, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2007). Para os demais anos, N foi calculado dividindo por cinco habitantes a População total estabelecida pela equipe GPHS/UFPA e Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) no Plano Diretor do Sistema de Esgotamento Sanitário da



RMB (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ; COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ, 2008), para as áreas ainda não atendidas com estações coletivas de tratamento de esgoto sanitário.

O volume total de um tanque séptico (V_{1ts}) foi calculado de acordo com as recomendações da NBR 7229/1993 - Projetos, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos. Para isso, foi adotado tanque de câmara única, 5 habitantes por tanque séptico, contribuição per capita de esgoto (C) 130 L/hab.d, contribuição de lodo fresco (Lf) 1 L/hab.d, período de detenção de (T) 1 dia, temperatura (t) $t > 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e taxa de acumula de lodo de fresco (K) igual a 57 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1993).

Também foi considerado que 50% do volume útil do TS correspondem ao lodo, sendo o volume restante ocupado pela massa líquida (40%) e pelo lodo que deve permanecer nessa unidade de tratamento primário (10%), conforme recomendação da NBR 7229/1993.

Na Etapa 2 foram levantados dados das ETEs (número, tipo, população atendida), sendo consultados relatórios da COSANPA. Em seguida foi calculada a vazão de esgoto tratada nessas ETEs, de acordo com a expressão recomendada na NBR 9649/1986 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986) e adotando-se os parâmetros relacionados na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros utilizados no cálculo da vazão de esgoto.

PARÂMETROS	VALOR UTILIZADO	UNIDADE
Produção per capita de esgoto de (q)	250	L/hab.dia
Coefficiente de retorno (C)	0,8	-
Taxa de infiltração de 0,5	0,5	L/s.Km
Vazão industrial (Q _{ind})	3% Q doméstica	-

Na segunda etapa foi calculado o volume de lodo de esgoto das ETEs existentes e previstas no Plano Diretor do Sistema de Esgotamento Sanitário da RMB. Para isso foi utilizada a equação (2), que considera o tipo de tratamento e é sugerida pelos autores relacionados na Tabela 2.

$$\text{Volume de Lodo ETE (m}^3/\text{dia)} = \frac{\text{Pr odução de lodo (KgSS/d)}}{\text{Sól.sec os (\%)} \times \text{Massa específica de lodo (Kg / m}^3\text{)}} \quad \text{equação (2)}$$

Tabela 2 – Autores adotados para o cálculo do volume de lodo bruto.

Tipo de tratamento	Fonte
Reator UASB	Von Sperling, Gonçalves (2001).
Reator UASB+Lodos Ativados Convencional	Von Sperling (2002)
Reator UASB+Flotação por ar dissolvido	Aisse et al.(2000)
Lagoa aerada facultativa	Von Sperling, Gonçalves (2001).
Lodo ativado convencional	Jordão, Pessôa (2005)

A terceira etapa teve a finalidade de determinar o volume remanescente do lodo de esgoto (tanque séptico e estação de tratamento de esgoto) após a operação de desaguamento (perda de água), ou seja, o volume efetivamente transportado para a destinação final (volume de lodo desaguado). O Volume de lodo gerado em tanques sépticos e em ETEs e desaguado em leito de secagem foram calculados com as equações recomendadas por Von Sperling, Gonçalves (2001) equação (3), e por equação(4), respectivamente. Para o TS foi adotado a per capita de lodo desaguado sugerida por Von Sperling (2005) e para ETEs foi adotado os valores e parâmetros utilizados na Tabela 3.

$$\text{Volume de lodo desaguado (m}^3/\text{dia)} = \text{População} \times \text{Per capita lodo desag. em TS} \quad \text{equação (3)}$$

$$\text{Volume de Lodo desaguado} = \frac{\text{Pr odução de Lodo bruto} \times \text{Percentual de captura de sólidos}}{\text{Concentração SS (\%)} \times \text{Massa específica de lodo (Kg / m}^3\text{)}} \quad \text{equação (4)}$$

**Tabela 3 – Parâmetros adotados para o cálculo do volume de lodo desaguado.**

Configurações das ETEs	Captura de sólidos (%)	Concentração SS no LD (%)	Massa específica LD (Kg/m ³)
UASB	94	40	1065
UASB + LAC	94	40	1065
UASB + FAD	94	40	1065
LAF	94	35	1065
LAC	94	35	1065

Na fase 3 foi avaliada a capacidade útil do Aterro Sanitário do Aurá para receber o lodo desaguado da Região Metropolitana de Belém no período 2008 a 2028. Para isso, foram verificados as áreas e volumes de células disponíveis no Aterro, bem como estimada a ocupação progressiva com lodo (Tanque séptico e ETE) na RMB. Os dados sobre o Aterro Sanitário do Aurá foi obtido em trabalhos acadêmicos e na visita ao referido Aterro.

Na determinação do volume de resíduos sólidos foram utilizadas as informações da carga recebida atualmente, os dados de incremento populacional nos municípios de Belém, Ananindeua e Marituba previstos no Plano Diretor do SES da RMB e os valores de 0,67 Kg/hab/dia per capita e de 191 Kg/m³ de peso específico de obtidos por Carneiro (2006) para os resíduos sólidos de Belém e Ananindeua.

RESULTADOS DA PRIMEIRA FASE

O volume de esgoto gerado pela população da Região Metropolitana de Belém é encaminhado para sistema individual de tratamento em tanque séptico (75%), estação de tratamento de esgoto (10%) e o restante, correspondendo ao esgoto gerado por 307.168 habitantes (15%), não possui tratamento ou utiliza formas inadequadas de tratamento.

Em 2007, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2008), 1.531.000 habitantes eram atendidos por fossas sépticas (Tabela 4) e existiam 401.000 domicílios com fossas sépticas, o que corresponde a uma fossa séptica por domicílio. E cada fossa séptica atende aproximadamente quatro pessoas.

Tabela 4 – População atendida por fossa séptica na Região Metropolitana de Belém (RMB).

Esgotamento sanitário	Quantidade Moradores	Quantidade Domicílios
Tinham	2 073.000	545.000
Rede coletora	262.000	72.000
Fossa séptica	1 531.000	401.000
Outro	280.000	72.000
Não tinham	57.000	17.000

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2008).

Segundo Silva (2005), existem seis ETEs na Região Metropolitana de Belém, construídas com recursos do programa PROSANEAR (ETE Sideral, ETE Coqueiro, ETE Benguí 4 e Benguí 5) e do PROSEGE (ETE Rua da Mata e ETE Tavares Bastos). Entretanto, é importante ressaltar que somente cinco estão em funcionamento, no caso: ETE Sideral, ETE Coqueiro, ETE Benguí 4, ETE Rua da Mata e ETE Tavares Bastos. No lugar da ETE Benguí 5 será instalada uma elevatória de esgoto que irá recalcar o esgoto coletado para a Benguí 4.

Com base nos dados pesquisados, até 2008 a produção de lodo bruto e desaguado foi de, aproximadamente, 387. 968 m³/ano e de 55.882 m³/ano nos 401.000 tanques sépticos da RMB, sendo nas ETEs produzido 72.841 m³/ano de lodo bruto e 4.779 m³/ano de lodo desaguado.

De acordo com o Plano Diretor do Sistema de Esgotamento Sanitário (PDSES) da Região Metropolitana de Belém, no período 2009 a 2029 será adotado sistema descentralizado, com o esgoto coletado em toda área da RMB tratado em 21 ETEs, caracterizando 21 bacias de esgotamento (Figura 2).

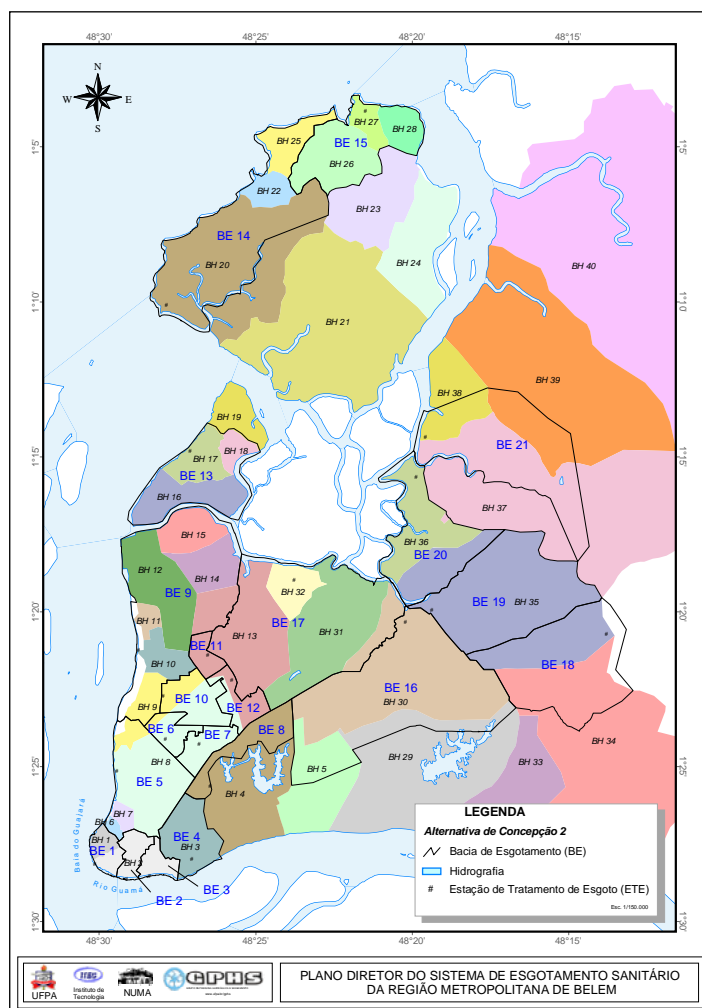


Figura 2– Área de abrangência e localização das ETEs por Bacia esgotamento – Alternativa de concepção 2

De acordo com essa proposta, serão aproveitadas as ETEs existentes e serão implantadas 15 novas ETEs na Região Metropolitana de Belém, sendo nove no município de Belém, duas no município de Ananindeua, três em Benevides e uma em Santa Barbara do Pará. No **Erro! Fonte de referência não encontrada.** são apresentados os anos propostos de implantação das ETEs.

Também foi planejado que após 20 anos a Região Metropolitana de Belém apresentará seis ETEs com sistema Reator UASB seguido Lodos Ativados Convencional, seis com sistema Reator UASB seguido flotação por ar dissolvido, quatro lagoas aeradas facultativas e dois sistemas lodos ativados convencional.

Com isso, o número de pessoas atendidas por tanques sépticos diminuirá ao longo dos 20 anos, até que todos os habitantes sejam atendidos por ETEs. O atual número de habitantes atendidos com tanques sépticos é 1.604.622, reduzindo para 5.912 habitantes em 2025, ou seja, a partir de 2026 toda população da RMB somente será atendida por estações de tratamento de esgoto, portanto, não mais ocorrerá geração de lodo em tanque séptico. Em relação às ETEs, a população atendida em 2029 será de 2.737.247 habitantes.



O volume de lodo bruto gerado em tanques sépticos em 2008 foi de 310.494 m³ e em 2025 será de 1.144m³. A partir de 2026, de acordo com a proposta do Plano, não será geração de lodo em tanques sépticos. A produção em ETEs, no entanto, aumentará no período de 2009 a 2029, de 98.704 para 1.129.605 m³. Esse lodo ao ser desaguado em leito de secagem reduz seu volume. No caso dos tanques sépticos, em 2009, será reduzido para 58.569 m³/ano e em 2026 para 216 m³. Por sua vez, o volume de lodo gerado nas ETEs passará de 8.861 m³ em 2009 para 96.514 m³ em 2029, conforme mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 – Características das células do Aterro Sanitário do Aurá.

Ano	População		Volume lodo bruto		Volume de lodo desaguado	
	ETE	TS	ETE	TS	ETE	TS
2009	322.834	1.604.622	98.704	310.494	8.861	58.569
2010	327.642	1.628.076	108.946	315.033	9.519	59.425
2011	331.700	1.650.714	133.172	319.413	11.012	60.251
2012	400.599	1.607.527	162.160	311.056	13.585	58.675
2013	511.244	1.521.681	208.750	294.445	17.727	55.541
2014	615.105	1.441.771	252.482	278.983	21.614	52.625
2015	874.385	1.205.630	364.683	233.289	30.298	44.006
2016	1.186.624	915.771	496.294	177.202	42.010	33.426
2017	1.273.152	850.915	533.636	164.652	44.923	31.058
2018	1.597.925	547.154	669.909	105.874	56.440	19.971
2019	1.638.570	526.896	678.036	101.954	57.464	19.232
2020	1.655.341	529.930	683.637	102.541	57.990	19.342
2021	1.889.730	347.885	782.211	67.316	66.712	12.698
2022	2.232.077	57.883	925.691	11.200	78.855	2.113
2023	2.316.753	25.551	961.126	4.944	81.930	933
2024	2.376.675	17.974	986.223	3.478	84.039	656
2025	2.441.082	5.912	1.009.070	1.144	86.138	216
2026	2.519.557	0	1.039.652	0	88.823	0
2027	2.592.120	0	1.069.636	0	91.387	0
2028	2.664.684	0	1.099.620	0	93.950	0
2029	2.737.247	0	1.129.605	0	96.514	0
Total	32.505.046	14.485.893	13.393.242	2.803.020	1.139.792	528.735

RESULTADOS DA SEGUNDA FASE

Com base em informações obtidas em campo, o Aterro Sanitário do Aurá recebe cerca de 1.700 toneladas de resíduo domiciliar por dia (de segunda-feira a sábado) e 800 toneladas de resíduos de feiras e mercados aos domingos. Esses resíduos são oriundos dos municípios de Belém, Ananindeua e Marituba. Atualmente, os resíduos de serviço de saúde não são encaminhados para as células do Aterro Sanitário, devido à resolução CONAMA n°358/2005 estabelecer que os geradores são os responsáveis legais pelo gerenciamento dos resíduos de serviço de saúde, desde a geração até a disposição final. Entretanto, o Aterro do Aurá possui célula lacrada de resíduos de serviço de saúde (RSSS) que funcionou até 2004.

O Aterro Sanitário do Aurá possui 130 hectares (ha) de área total, sendo 34 hectares de células de lixo domiciliar lacradas (Tabela 6) e os outros 96 m² referentes à infraestrutura do aterro.



Tabela 6 – Características das células do Aterro Sanitário do Aurá.

Nº das Células	Situação atual das células	Dimensões das células	Área (m²)	Volume (m³)
1	Lacrada ¹	150x45x5	6.930	33.750
2	Lacrada	150x150x25	22.500	562.500
3	Lacrada	150x150x25	22.500	562.500
4	Lacrada	150x150x25	22.500	562.500
5	Lacrada	150x150x25	22.500	562.500
6	Lacrada	150x150x25	22.500	562.500
7	Lacrada	150x150x25	22.500	562.500
8	Lacrada	150x150x25	22.500	562.500
9	Lacrada	150x150x25	22.500	56.2500
10	Em funcionamento	250x300x25	75.000	1.875.000
11	Irá ser usada	250x300x25	75.000	1.875.000
Total			336.750,00	8.283.750,00

¹ célula de resíduos de serviço de saúde.

Atualmente existem nove células lacradas (desativadas), uma em funcionamento e uma em preparação para futura utilização. Em razão da previsão do esgotamento da área livre no aterro sanitário após a utilização da célula 11 (ainda em preparação para utilização), está sendo estudada a aquisição de uma nova área (com 12 hectares) para disposição dos resíduos sólidos. Contudo, além desse processo de aquisição ainda não está definido, essa nova área somente terá capacidade para o atendimento de cerca de 4 anos. Nesse contexto, no presente trabalho são considerados 87 hectares como áreas efetivamente disponíveis para destinação final de resíduos sólidos no Aterro Sanitário do Aurá.

Na Tabela 7 são estimados os volumes de lodo de esgoto (tanques sépticos e em ETEs) desaguado em leito de secagem e de resíduos sólidos domiciliares na RMB no período de 2009 a 2029. É importante observar que o volume de resíduos sólidos gerados na RMB aumentará de 2.932.200 m³/ano para 4.141.456 m³/ano. É importante observar que volume de lodo em relação ao volume total de resíduos, no período de 2009 a 2029, fica em torno de 2,72% a 2,81%.



Tabela 7 – Volume total após desaguamento das ETEs e Tanques sépticos e volume de resíduos sólidos na RMB no período de 2009 a 2029.

Ano	Volume lodo desaguado e de resíduos sólidos				
	ETE	Tanque séptico	Resíduos sólidos	Total (RS+lodo)	% lodo em RS
	m³/ano	m³/ano	m³/ano	m³/ano	%
2009	8.861	58.569	2.410.762	2.478.192	2,72%
2010	9.519	59.425	2.445.647	2.514.591	2,74%
2011	11.012	60.251	2.478.571	2.549.834	2,79%
2012	13.585	58.675	2.510.282	2.582.542	2,80%
2013	17.727	55.541	2.540.869	2.614.137	2,80%
2014	21.614	52.625	2.570.408	2.644.647	2,81%
2015	30.298	44.006	2.598.946	2.673.250	2,78%
2016	42.010	33.426	2.626.548	2.701.984	2,79%
2017	44.923	31.058	2.653.277	2.729.258	2,78%
2018	56.440	19.971	2.679.191	2.755.602	2,77%
2019	57.464	19.232	2.704.334	2.781.030	2,76%
2020	57.990	19.342	2.728.761	2.806.093	2,76%
2021	66.712	12.698	2.793.319	2.872.729	2,76%
2022	78.855	2.113	2.857.877	2.938.845	2,76%
2023	81.930	933	2.922.435	3.005.297	2,76%
2024	84.039	656	2.986.993	3.071.689	2,76%
2025	86.138	216	3.051.551	3.137.905	2,75%
2026	88.823	0	3.141.046	3.229.869	2,75%
2027	91.387	0	3.230.541	3.321.927	2,75%
2028	93.950	0	3.320.035	3.413.985	2,75%
2029	96.514	0	3.409.530	3.506.043	2,75%
Total	1.139.792	528.735	58.660.924	60.329.451	2,77%

Na Tabela 8 é considerado o volume livre (célula 10 mais as novas células com a aquisição de 12 hectares) do Aterro Sanitário do Aurá, que, em razão do lançamento de resíduos sólidos domiciliares e de lodo desaguado, passará de 4.875.000 m³ no ano 2009 para 2.396.808m³/ano no ano 2010, quando, então, o volume total de lodo+RS será superior ao volume disponível para disposição de resíduos no Aterro.

Tabela 8 – Volume livre no aterro sanitário do Aurá no período de 2009 a 2029.

Ano	Volume livre¹ (m³/ano)	Volume total (LODO +RS)² (m³/ano)	Saldo (m³/ano)	Déficit (m³/ano)
2009	4.875.000	2.478.192	2.396.808	
2010	2.396.808	2.514.591		117.783
2011	0	2.549.834		2.667.617
2012	0	2.582.542		5.250.159
2013	0	2.614.137		7.864.296
2014	0	2.644.647		10.508.943
2015	0	2.673.250		13.182.193
2016	0	2.701.984		15.884.177
2017	0	2.729.258		18.613.435
2018	0	2.755.602		21.369.038
2019	0	2.781.030		24.150.068
2020	0	2.806.093		26.956.161



(continuação)

Ano	Volume livre ¹ (m ³ /ano)	Volume total (LODO +RS) ² (m ³ /ano)	Saldo (m ³ /ano)	Déficit (m ³ /ano)
2021	0	2.872.729		29.828.890
2022	0	2.938.845		32.767.735
2023	0	3.005.297		35.773.032
2024	0	3.071.689		38.844.720
2025	0	3.137.905		41.982.625
2026	0	3.229.869		45.212.495
2027	0	3.321.927		48.534.422
2028	0	3.413.985		51.948.407
2029	0	3.506.043		55.454.451

CONCLUSÕES

A implantação das ETEs previstas no Plano Diretor do Sistema de Esgotamento Sanitário da Região Metropolitana de Belém resultará em progressiva redução do número de tanques sépticos, até a sua total substituição, o que, naturalmente, concentrará o tratamento de esgoto e a produção de lodo em 21 unidades coletivas do sistema de esgotamento sanitário, facilitando, portanto, o controle e, paralelamente, aumentando a carga pontual de lodo a ser desaguada e encaminhada para destinação final.

Considerando que ainda não existem políticas para reaproveitamento do lodo na RMB, o incremento de lodo desaguado deverá ser encaminhado ao Aterro Sanitário do Aurá, que, atualmente, apresenta grande parte da sua área ocupada pelos resíduos sólidos domiciliares gerados nos municípios de Belém, Ananindeua e Marituba.

Assim, com os resultados do trabalho é possível constatar que o lodo de esgoto desaguado corresponde a aproximadamente 3% dos resíduos sólidos domiciliares, bem como que a falta de espaço disponível para disposição final de resíduos sólidos no Aterro Sanitário do Aurá é problema a ser enfrentado já em 2010.

Desse modo, pode-se concluir que, apesar da projeção do volume de lodo desaguado de ETEs coletivas não ter grande impacto percentual no volume de resíduos sólidos domiciliares no período estudado, a falta de áreas disponíveis no Aterro do Aurá é tema que deve ser resolvido com a máxima brevidade, pois, caso contrário, os resíduos sólidos domiciliares e o lodo de esgoto gerados na RMB não serão dispostos adequadamente, já que a previsão é o rápido comprometimento do volume livre do Aterro Sanitário do Aurá.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AISSE, M. et al. Tratamento e destino final do lodo de esgoto em reatores anaeróbios. In: Campos, José Roberto (Coord). Tratamento de esgoto sanitário por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, PROSAB, 1999.
2. AISSE, M. M., et al. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por sistemas de flotação. PROSAB, FINEP, 2000. 35p. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/prosab/livros/ProsabCarlos/Cap-6.pdf>>.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004 – Resíduos Sólidos, classificação. Rio de Janeiro, 2004.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR 7229: Projeto, Construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.
6. CARNEIRO, F. N. P. Caracterização e avaliação do potencial econômico da coleta seletiva e reciclagem dos resíduos sólidos domésticos gerados nos municípios de Belém e Ananindeua- PA. 2006. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.
7. CONAMA. Resolução n. 358. Dispõe sobre tratamento e disposição final dos resíduos de serviço de saúde. 2005.



8. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censos Demográficos. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>. Acessado em: 26 de Maio de 2007.
9. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Diretoria de Pesquisas. Coordenação de Trabalho e Rendimento. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2007. Rio de Janeiro, 2008. <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2007/default.shtm>. Acessado em 14 de fevereiro de 2008.
10. JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A.. Tratamento de esgoto doméstico. Rio de Janeiro, 2005.
11. SILVA, Mônica Maria Pereira et al. Avaliação das características químicas, físicas e biológicas de lodo produzido em tanques sépticos coletivos de município pequeno porte do semi-árido Paraibano. In: XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte – Minas Gerais, 2007.
12. SILVA, V. M. Plano diretor setorial do sistema de esgotamento sanitário: Alternativas de concepção para a área de maior adensamento populacional do município de Belém-PA. 2005. 198 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Pará, Belém, 2005.
13. SILVÉRIO, L. Uso Agrícola do lodo de Esgoto, da Matéria Orgânica do lixo Urbano e de Resíduos Industriais. O Agrônomo, campinas, 2004.
14. TSUTIYA, Roberto et al. Biossólidos na agricultura. São Paulo: SABESP, 2001.
15. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Grupo de Pesquisa Hidráulica e Saneamento; COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ. Plano Diretor do Sistema de Esgotamento Sanitário da RMB: relatório III. Belém, 2008.
16. VON SPERLING, M e GONÇALVES, R, F. IN: Lodo de esgoto: Tratamento e disposição final. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001. cap. 2, p. 17-67.
17. VON SPERLING, M. Lodos Ativados. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG; 2002.
18. VON SPERLING, M. Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG; 2005.