



III-040 - ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA O TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE PARAISÓPOLIS - MG

Regina Mambeli Barros ⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Unitau. Doutora e Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP). Professora Adjunta II da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

Francisco Osvaldo Prado Teixeira

Engenheiro Florestal. Especialista em Meio Ambiente e Recursos Hídricos pelo CEMARH, da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

Endereço ⁽¹⁾: Av. BPS, 1303 - Bairro Pinheirinho - Itajubá-MG - CEP: 37500-903, tel.: (35) 36291224 - fax: (35) 36291265 - e-mail: mambeli@unifei.edu.br.

RESUMO

O presente estudo tem por objetivo propor um sistema de tratamento de resíduos sólidos (RS), por intermédio do dimensionamento da área necessária a um aterro sanitário (AS) para o município de Paraisópolis-MG. A área para o AS foi calculada para duas diferentes situações: a primeira consistiu em uma área necessária para tratamento e disposição final da quantidade total coletada de RS; e a segunda, para o dimensionamento da área necessária para um AS de rejeitos de uma usina de triagem e compostagem. Cabe ressaltar que o pátio de compostagem e sistema de tratamento de efluentes para o aterro estudo de caso do presente trabalho fora calculada por Costa (2007), cujos valores foram levados em conta no presente estudo. Os resultados demonstraram que, considerando a compostagem e usina de triagem, a área total requerida para o AS de rejeitos deve ser de um total de 6,02 hectares. No caso em que a quantidade total de RS produzida seja conduzida ao AS, esse valor eleva-se para 43,7 ha. Desse modo, é evidente a redução na área necessária ao aterro sanitário (87,54%).

PALAVRAS-CHAVE: Aterro Sanitário Municipal, Reciclagem, Compostagem.

INTRODUÇÃO

Os índices referentes à disposição final dos resíduos sólidos (RS) dos municípios brasileiros, conforme dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) do Ministério das Cidades (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2005), alcançaram os seguintes valores quanto à disposição/ final: em aterro sanitário (68,5%); em aterro controlado (25,2%) e em lixão (6,5%). Contudo, ressalta-se que estes dados são referentes ao total de municípios com população superior à 820.000 habitantes e 95% com aqueles com mais de 500.000 habitantes.

Considerando a totalidade dos municípios brasileiros, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2000), somente 31,4 % entre as unidades de disposição final no Brasil, representam formas adequadas de disposição final de RS, a saber: aterro sanitário, usina de compostagem, usina de reciclagem e incineração. Em Minas Gerais, esse número corresponde a 18,3%.

Há que se considerar que os municípios de pequeno porte - existentes em grande quantidade no Brasil -, ainda são carentes no que diz respeito ao tratamento/disposição final de seus RS. Nesse sentido, destaca-se a alternativa do aterro sanitário (AS) operado pelo método de trincheiras, como uma forma de tratamento/disposição final para os RS de municípios de pequeno porte, ou ainda, para as pequenas comunidades. O AS, entretanto, deve ser considerado como uma das ações do gerenciamento integrado dos RS municipais, uma vez que contempla ainda outras ações, como acondicionamento (segregação), coleta (inclusive a seletiva), transporte, etc.

Quando existe a opção por coleta seletiva (ou triagem dos RS), com compostagem, em conjunto com AS em trincheiras para os rejeitos, maximiza-se o ganho ambiental. Isto decorre em razão da diminuição da



quantidade de RS encaminhada aos AS, assim como da redução das quantidades de matéria-prima e energia na produção de novos produtos.

Nesse contexto, insere-se o município de Paraisópolis-MG, que se encontra na etapa de projeto para a construção de uma Usina de Triagem e Compostagem, um aterro de rejeitos, e uma unidade de tratamento de efluentes procedentes da produção de chorume e das águas residuárias, oriundas das instalações de apoio. O mencionado projeto demanda o licenciamento ambiental perante a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), em atendimento às exigências do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). Este último é o órgão deliberativo do Estado de Minas Gerais sobre as normas regulamentares e técnicas das formas apropriadas de tratamento e destinação final, inclusive dos resíduos sólidos urbanos (RSU).

OBJETIVO DO TRABALHO

Constitui-se em objetivo do presente estudo, dimensionar e comparar os valores de área necessária para o aterro sanitário (AS), do município de Paraisópolis - MG, com e sem reciclagem e compostagem de resíduos sólidos (RS).

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Paraisópolis-MG, com área de 331,51 km², encontra-se localizado na microrregião alto do Sapucaí, a 22°33'31,5" de latitude S e 45°46'50,0" de longitude W. Apresenta como valores médios anuais de temperatura e pluviosidade, respectivamente, 17°C e 1.738,7 mm. A região em estudo está localizada em Paraisópolis, no bairro da Colônia, Rodovia MG 173. Esta possui uma área de 12,32 ha e apresenta pastagens, não oferecendo evidências de lençol freático. Além disso, há inexistência de aglomerados populacionais em um raio de 5 km (SILVEIRA, 2006).

Para o cálculo da área necessária ao AS, foi avaliado inicialmente, a projeção da população do município de Paraisópolis-MG, com base em dados de Silveira (2006), conforme metodologia de projeção do crescimento populacional proposta por Jaramillo (2002). Também, o AS foi calculado fundamentalmente, com base na metodologia proposta pelo autor (*op. cit.*). A Tabela 1 apresenta os principais dados de entrada para o dimensionamento do AS.

Tabela 1: Informações acerca do município de Paraisópolis-MG e dos resíduos sólidos produzidos.

População na área urbana e rural em 2007	19.305 habitantes
Taxa de crescimento da população ¹	1,65% a.a. ²
Taxa de crescimento da produção <i>per capita</i> de RS ³	1,00 % a.a.
Volume de RS coletado no veículo coletor ⁴	196 m ³ /semana
Cobertura do serviço de coleta de RS ⁵	90%
Densidade dos resíduos sólidos (DSr) ⁶	238 kg/m ³
No veículo coletor (sem compactação)	
Recém compactados no aterro sanitário manual	450 kg/m ³
Estabilizados no aterro sanitário manual	600 kg/m ³

Fonte: SILVEIRA (2006); JARAMILLO (2002).

O levantamento planialtimétrico da área destinada ao AS é apresentada na Figura 1, e totaliza 12 ha, conforme descreveu Jório (2007).

¹ Valor extraído do cálculo da projeção da população.

² Ao ano.

³ Valor extraído do cálculo de Jaramillo (2002).

⁴ Valor extraído do cálculo de Silveira (2006).

⁵ Valor extraído do cálculo de Silveira (2006).

⁶ Valor extraído do cálculo de Jaramillo (2002).

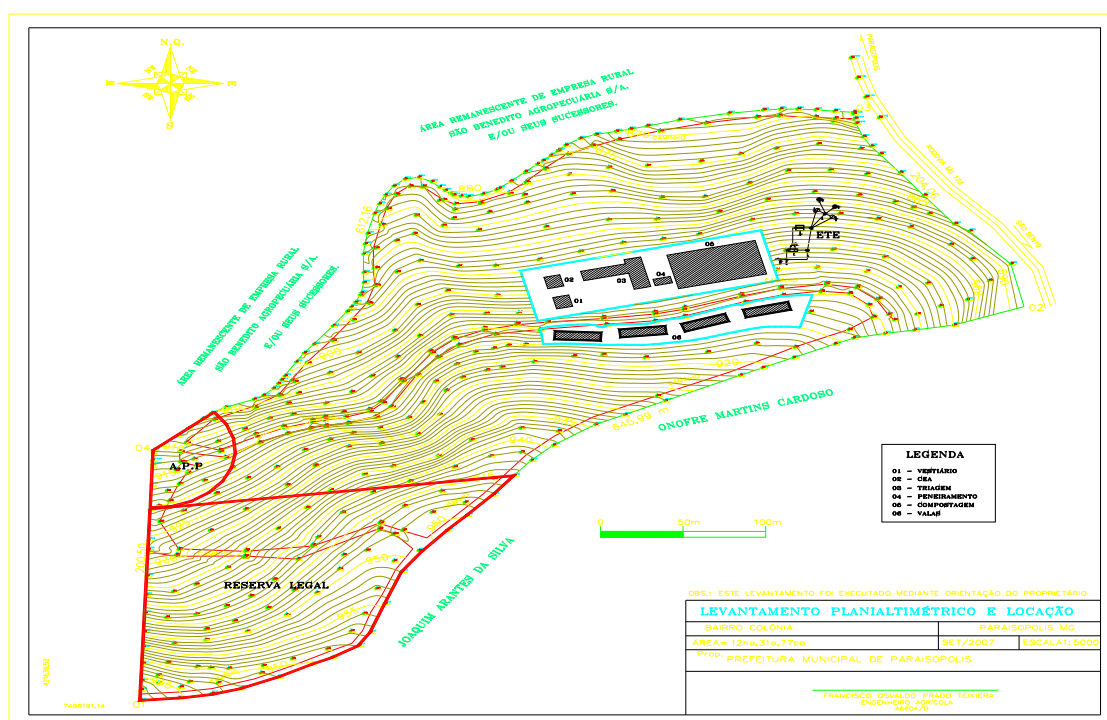


Figura 1: Levantamento planialtimétrico da área destinada ao aterro sanitário. Fonte: JÓRIO (2007)

A taxa de crescimento da produção *per capita* de RS foi considerada de 1,00% a.a. (Tabela 1). A quantidade diária de RS que é gerada pelos habitantes do município de Paraísoópolis-MG, foi calculada pelo produto entre o mencionado valor de geração *per capita* e a população estimada. Para a geração semanal de RS, com o aterro operando por seis dias na semana, também foi calculada esta geração de RS, em cada dia útil. A produção anual de RS foi calculada por meio do produto da produção diária de RS pelos 365 dias do ano.

O volume de RS_{anual} compactado foi calculado considerando-se uma densidade dos RS recém compactados no AS manual de 450 kg/m³ (Tabela 1). Analogamente, foi calculado o volume de RS_{anual} estabilizado, considerando-se uma densidade dos RS estabilizados no AS manual de 600 kg/m³ (Tabela 1). Para o cálculo do volume do AS estabilizado, composto pelos RS estabilizados e o material de cobertura, foi calculado como 20% do volume de RS recém compactado.

Dessa forma, procedeu-se ao cálculo da área por aterrar - assumindo uma profundidade média de 6 metros. Para o cálculo da área total, também como proposto em Jaramillo (2002), foi considerado um fator de aumento F para as áreas adicionais como 30%.

Para a construção de um AS, prevê-se a utilização de uma retroescavadeira, que possui um rendimento de 14 m³/hora de corte (JARAMILLO, 2002). Inicialmente, são informações básicas a população, a geração *per capita*, e a cobertura do serviço de coleta. Dessa forma, a partir do cálculo da quantidade de RS produzida, foi possível obter-se a quantidade de RS coletada, por meio do produto entre quantidade de RS coletada e a cobertura do serviço de coleta (%). Foi possível proceder ao cálculo do volume da trincheira, estimando-se em 20% o material de cobertura, uma vida útil de 60 dias e uma densidade de 500 kg/m³.

Caso sejam reservadas, para obras complementares 0,3 ha, e deixados 2 ha para aterrar, cada trincheira deve ser escavada com uma distância de um metro. Portanto, como cada trincheira ocupa 6 metros, somado a um metro de distância entre elas (ou seja, 7 metros no total), o número de trincheiras em um hectare pode ser calculado. Há que se ressaltar que foram consideradas distâncias de 100 metros entre os eixos transversais, com uma altura média de 8 metros (Figura 2). Em seguida, foi aplicada a regra de Simpson.

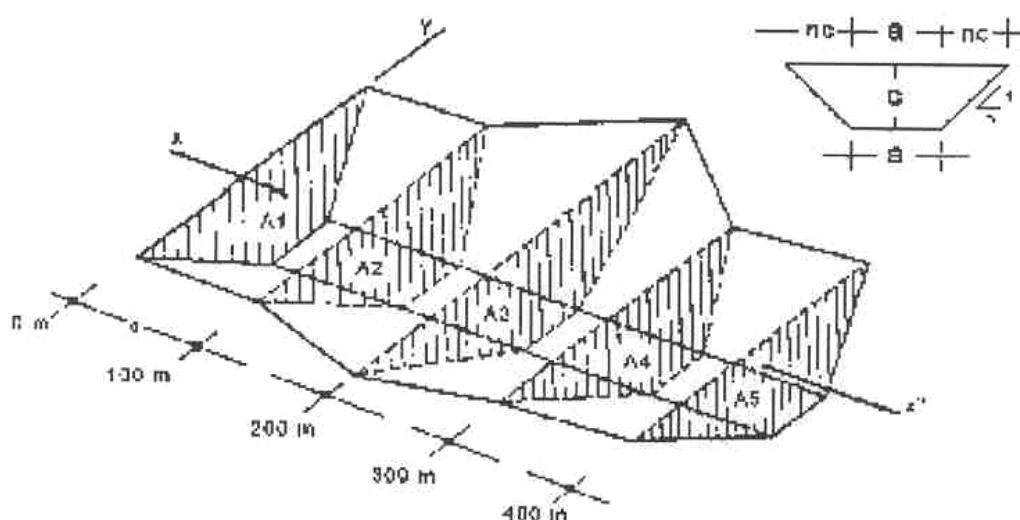


Figura 2: Configuração do terreno na área de um aterro sanitário. Fonte: JARAMILLO (2002)

Considerando a composição gravimétrica apresentada em Silveira (2006), e os percentuais adotados no presente estudo, de rejeitos e recicláveis para cada material, ambos apresentados na Tabela 2, procedeu-se ao cálculo da área necessária ao AS, seguindo a mesma metodologia supracitada.

Tabela 2: Composição gravimétrica dos resíduos sólidos em Paraisópolis-MG

Componentes	Composição gravimétrica ⁷ (%)	% reciclável ⁸	% rejeito ⁹
Matéria orgânica	73.02	0.90	7.30
Papeis / papelão	8.35	0.90	0.84
Plástico duro / pet	2.69	0.90	0.27
Plástico filme	6.00	0.90	0.60
Metais não ferrosos	0.25	0.90	0.03
Metais ferrosos	2.90	0.90	0.29
Vidro	1.50	0.90	0.15
Borracha	0.07	0.90	0.01
Couro	0.61	0.90	0.06
Trapos	1.10	0.90	0.11
Outros	3.51	0.20	2.81
TOTAL	100.00		12.46

Fonte: modificado de SILVEIRA (2006).

RESULTADOS

O gráfico da Figura 3 apresenta um prognóstico do crescimento populacional para o município de Paraisópolis-MG. Com base neste crescimento populacional foram feitas as previsões de áreas para o AS. O gráfico da Figura 4 apresenta as curvas resultantes dos cálculos das áreas requeridas para o AS para este município, ao longo dos anos, com base nas Tabelas 3 e 4, para estas duas situações.. Estas representam respectivamente, sem a contemplação de uma usina de triagem e pátio de compostagem e no caso em que os mesmos são considerados. Neste último caso, prevê-se a reciclagem e compostagem.

⁷ Extraído de Silveira (2006).

⁸ Adotado no presente estudo.

⁹ Adotado no presente estudo.

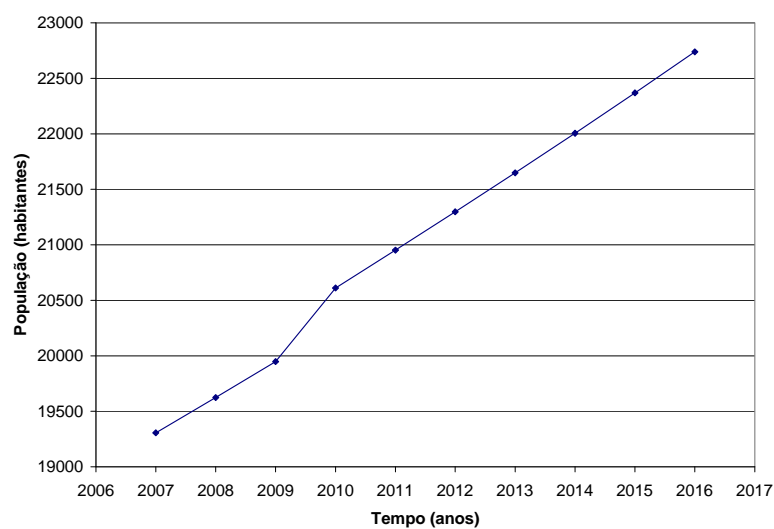


Figura 3: Projeção da população para o município de Paraisópolis-MG

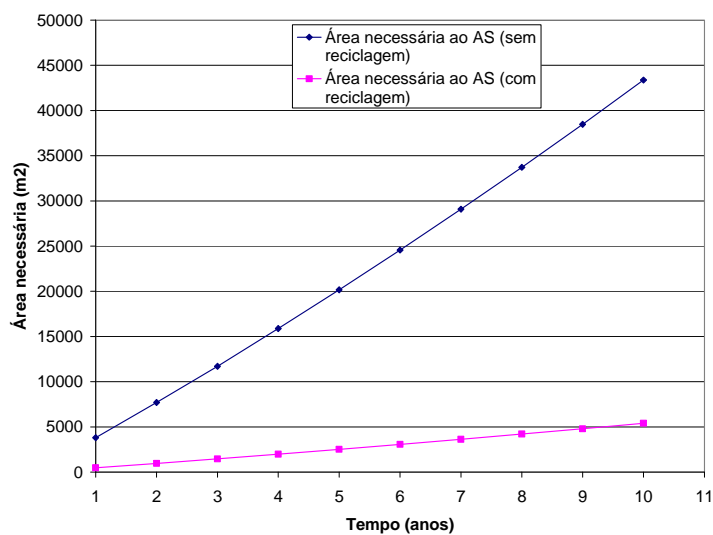


Figura 4: Projeção da área necessária calculada para o aterro sanitário no município de Paraisópolis -MG



Tabela 3: Área requerida para o aterro sanitário do município de Paraisópolis-MG

Ano	População (hab)	Quantidade de lixo			Volume do lixo				Área necessária	
		Diária kg/dia	Anual ton	Acumulado ton/ano	Compactados		Estabiliza dos anual m³	Aterro sanitário Acumulado m³	Aterro sanitário o m²	A total m²
					Diário m³	Anual m³				
1	19.305	12000	4380	4380	27	9733	7300	8760	2920	3796
2	19.624	12320	4497	8877	27	9993	7495	17754	5918	7693
3	19.947	12648	4617	13494	28	10259	7694	26987	8996	11694
4	20.611	13200	4818	18312	29	10707	8030	36623	12208	15870
5	20.951	13552	4946	23258	30	10992	8244	46516	15505	20157
6	21.297	13914	5078	28336	31	11285	8464	56673	18891	24558
7	21.648	14284	5214	33550	32	11586	8690	67100	22367	29077
8	22.005	14665	5353	38903	33	11895	8921	77806	25935	33716
9	22.368	15056	5495	44398	33	12212	9159	88797	29599	38479
10	22.738	15458	5642	50041	34	12538	9404	100081	33360	43368

Tabela 4: Área requerida para o aterro sanitário do município de Paraisópolis-MG, considerando a compostagem e usina de triagem

Ano	População (hab)	Quantidade de lixo			Volume do lixo				Área necessária	
		Diária kg/dia	Anual ton	Acumulado ton/ano	Compactados		Estabilizados anual m³	Aterro sanitário Acumulado m³	Aterro sanitário m²	A total m²
					Diário m³	Anual m³				
1	19.305	1495	546	546	3	1213	910	1091	364	473
2	19.624	1535	560	1106	3	1245	934	2212	737	959
3	19.947	1576	575	1681	4	1278	959	3363	1121	1457
4	20.611	1645	600	2282	4	1334	1001	4563	1521	1977
5	20.951	1689	616	2898	4	1370	1027	5796	1932	2512
6	21.297	1734	633	3531	4	1406	1055	7061	2354	3060
7	21.648	1780	650	4180	4	1444	1083	8361	2787	3623
8	22.005	1827	667	4847	4	1482	1112	9695	3232	4201
9	22.368	1876	685	5532	4	1522	1141	11064	3688	4794
10	22.738	1926	703	6235	4	1562	1172	12470	4157	5404

Como esperado, é possível observar que, com a reciclagem e compostagem, a área requerida para o AS é menor (5,404 ha, com a reciclagem contra 43,368 ha sem a reciclagem). Isto fica evidente ao observar o gráfico da Figura 4. Numericamente, a economia em área representou um valor constante de 87,84%, no caso de se proceder à reciclagem e compostagem de RS em Paraisópolis-MG. O volume da trincheira (VT) foi calculado em 953 m³, significando que, para depositar os RS de um dia será necessário escavar 16 m³, e para alcançar o preenchimento completo de (totalmente pronta), deve-se dispor de 9 dias para sua escavação.

Foi calculado como 14, o número de trincheiras em um hectare. Considerando que cada trincheira tenha uma vida útil de dois meses, as catorze trincheiras irão durar 2,4 anos. Desse modo, considerando a compostagem e usina de triagem a área requerida para o AS de rejeitos, o terreno deve possuir no total 5,4 ha (calculado) - somado ao 0,3 hectare para obras complementares -, para ter a vida útil de dez anos requerida. Levando-se em consideração o cálculo de Costa (2007), para a área do pátio de compostagem (0,32 ha), necessita-se de uma



área de 6,02 ha. No caso em que a quantidade total de RS produzida pelo município de Paraisópolis-MG seja encaminhada ao AS, esse valor eleva-se para 43,4 ha somado a 0,3 ha. Aplicando a regra de Simpson para o cálculo do volume requerido para o aterro, resultou em um valor de 57.600 m³.

A Figura 5 apresenta a representação esquemática (em planta), das trincheiras calculadas para o AS de Paraisópolis-MG.

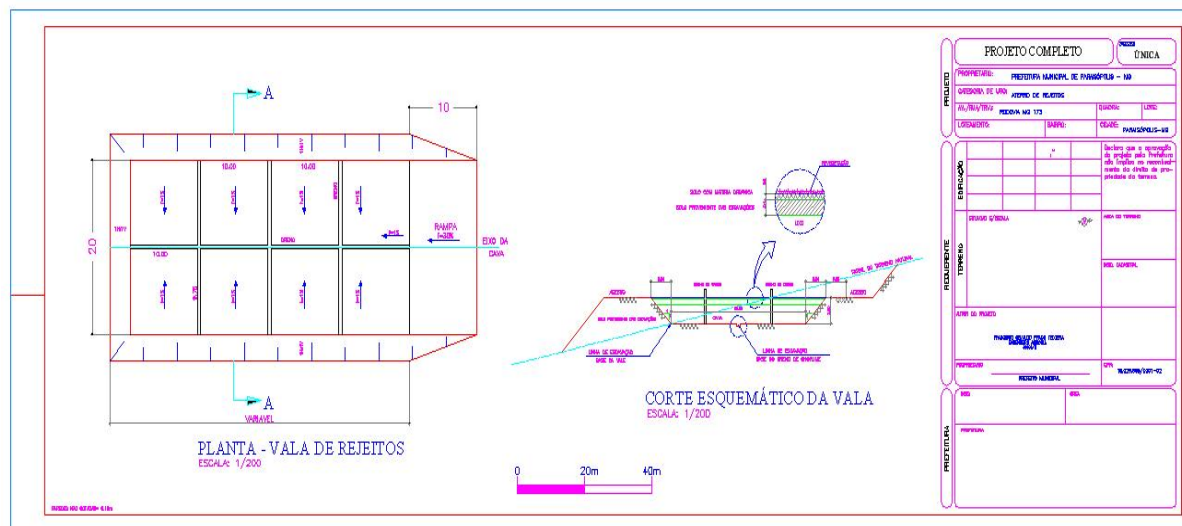


Figura 5: Planta das trincheiras para o AS de Paraisópolis-MG

CONCLUSÕES

O presente estudo objetivou propor soluções para o tratamento e disposição final de resíduos sólidos, no município de Paraisópolis-MG, para um horizonte de projeto de dez anos. A área de estudo abrangeu um terreno destinado à disposição final dos resíduos sólidos. A partir do estudo realizado, foi possível concluir que:

- Com relação ao cálculo da área necessária para o AS, sem a reciclagem e compostagem o valor resultou em 43,7 ha; e considerando a compostagem e usina de triagem a área requerida para o AS de rejeitos, o terreno deve possuir no total 6,02 ha. Desse modo, é evidente a redução na área necessária ao aterro sanitário (87,54%).
- Para cada hectare, foi calculada a necessidade de 14 trincheiras, sendo que cada uma possui vida útil de dois meses (57600m³). Logo, o grupo possui vida útil de 2,4 anos.
- Sugere-se que estudos sejam feitos no sentido de desenvolver um plano de monitoramento ambiental (implantação, operação e pós-fechamento do aterro sanitário).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. COSTA, A. A. F. Proposição de técnicas de tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos no município de Paraisópolis – MG. 93 p. Trabalho (Diploma). Instituto de Recursos Naturais da Universidade Federal de Itajubá (IRN/UNIFEI), Itajubá, 2007.
2. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Limpeza Urbana e Coleta de Lixo – 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/lixo_coletado/lixo_coletado109.shtm>. Acesso em 20 de nov. de 2007. 2000.
3. JARAMILLO, J. GUÍA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS MANUALES. Una solución para la disposición final de residuos sólidos municipales en pequeñas poblaciones. Colombia: Universidad de Antioquia, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002. OPS/CEPIS/PUB/02.93. 287 p.



4. JÓRIO, R. R. L. Levantamento planialtimétrico e locação da área do AS. 2007. 1 mapa, color. Escala 1:5.000.
5. MINISTÉRIO DAS CIDADES – MME. Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2005: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Disponível em:< <http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em 20 de novembro de 2007. 394 p. 2005.
6. SILVEIRA, E. R. Relatório técnico para licença de instalação usina de triagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos - município de Paraisópolis. 78 p. 2006.