

N. CLASS.	M 628.44564
CUTTER	C 183 e
ANO/EDIÇÃO	2015

Centro Universitário do Sul de Minas – Unis/MG.

GEAT- Gestão das Engenharias, Arquiteturas e Tecnologia.

CURSO ENGENHARIA CIVIL

JEFERSON DA SILVA CAMILO

**ESTUDO DE CASO PARA UM PROJETO BÁSICO DE UM
ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE SANTANA DA
VARGEM-MG**

Varginha - MG

2015

JEFERSON DA SILVA CAMILO

**ESTUDO DE CASO PARA UM PROJETO BÁSICO DE UM
ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE SANTANA DA
VARGEM-MG**

Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas (UNIS MG), como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação da Prof.^a Ivana Prado de Vasconcelos.

Varginha – MG

2015

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS-MG
CAMPUS VARGINHA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**ESTUDO DE CASO PARA UM PROJETO BÁSICO DE UM
ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE SANTANA DA
VARGEM-MG**

Jeferson da Silva Camilo

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção de grau em Engenharia Civil no Centro Universitário do Sul de Minas pela Banca examinadora:

Prof.^a M. Sc. Ivana Prado de Vasconcelos.
Presidente da Banca - Orientadora

Prof. M. Sc. Antônio de Faria
Membro

Prof. Dr. Leopoldo U.R. Junior
Membro

Membro Suplente

Varginha - MG
2015

Dedico este trabalho a todos aqueles que contribuíram para sua realização, principalmente a meus familiares.

Agradeço a Deus que me proporcionou essa oportunidade, aos meus familiares pelo apoio no decorrer desses cinco anos de ausência me apoiando com conselhos e orações.

Aos mestres, os quais compartilharam seus conhecimentos e experiências minha eterna gratidão.

“Nunca deixe que nenhum limite tire de você a ambição da auto superação, pois é impossível avaliar a força que possuímos sem medir o tamanho do obstáculo que podemos vencer, nem o valor de uma ação sem sabermos o sacrifício que ela comporta”.

BEECHER

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Método da trincheira.....	19
Figura 2- Método da rampa	19
Figura 3- Método da área.....	20
Figura 4- Drenagem de água pluviais	21
Figura 5- Drenos de percolados e chorume	23
Figura 6- Sistema australiano de lagoas de estabilização.....	24
Figura 7- Drenagem de gases	25
Figura 8- Distância das residências	33
Figura 9- Estudo planialtimétrico	33
Figura 10- Perfil do platô	37
Figura 11- Perfil do talude.....	37
Figura 12-Corte de cada platô	38
Figura 13-Dados encontrados software Pluvio 2.1	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Valores da Constante Compactação K.....	23
Tabela 2-Valores da Constante Compactação K.....	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1-Censo Demográfico.....	32
Quadro 2-Cálculo de Volume Acumulado	34

SÚMARIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 Conceituação de Resíduos Sólidos	15
3.3 As Formas de Destinação dos Resíduos Sólidos	17
3.4 Aterro Sanitário	17
3.5 Tipos de Aterros	18
3.6 MÉTODOS CONSTRUTIVOS E PLANOS DE EXECUÇÃO	19
3.6.1 Métodos Construtivos	19
Figura 1- Método da Trincheira.....	19
Figura 2-Método da rampa	20
Figura 3-Método da Área	20
3.6.2 Planos de execução do aterro sanitário	21
Figura 4- Drenagem de águas pluviais	21
Figura 5 - Drenos de percolados e chorume	24
Figura 6- Sistema australiano de lagoas de estabilização	25
3.7 CRESCIMENTO POPULACIONAL	26
3.7.1 Utilização de estatísticas da população	26
3.7.2 Estimativas de população	26
3.7.3 Método Aritmético	27
3.8 Tratamento de Efluentes	29
3.8.1 Lagoa Facultativa	29
3.8.2 Lagoa Anaeróbia	29
4. METODOLOGIA	30
5. DIAGNÓSTICO	31
6. ESTUDO DE CASO	33
6.1 Vida Útil do Aterro Sanitário	33
6.2 População de Projeto	33
6.3 Identificação da área disponível	34

6.4 Cálculo do Volume Acumulado de Resíduos	35
6.5 Estudo Planialtimétrico	37
6.6 Escolha do Método de preparo do Aterro Sanitário	38
6.7 Cálculos Platô	38
6.8 Preparo da cobertura final do aterro	40
7. DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS	40
7.1 Preparo do sistema de drenagem de líquidos percolados	42
8. PREPARO DO SISTEMA DE TRATAMENTO E CAPTAÇÃO DOS LÍQUIDOS PERCOLADOS E IMPERMEABILIZAÇÃO	43
8.1 Impermeabilização	49
9. EDIFICAÇÃO DE APOIO	50
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
APÊNDICES	55

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente no Brasil e juntamente a destinação adequada do lixo gerou por parte do governo federal, sancionando a Lei Federal 12.305/10, que dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos- PNRS, com a finalidade de acabar com os lixões e implantar aterro sanitário em todos os municípios, segundo essa Lei cabe ao Distrito Federal e aos municípios, a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos respectivos territórios.

Diante disso alguns municípios passaram a desenvolver projetos para atender as leis vigentes. O município de Santana da Vargem ainda não possui Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

Atualmente, de acordo com o cálculo do volume de resíduos recolhido no município, que chega aproximadamente a 4,4 t/dia, e é destinado ao Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos da cidade de Alfenas, localizado aproximadamente a 75 km do centro de Santana da Vargem, a um custo de R\$96,00 por tonelada.

É clara a necessidade do município de Santana da Vargem em adequar-se as normas atuais, visto que a cidade ainda destina seus resíduos a cidade vizinha gerando gasto para o município. Por isso, o ideal seria sua autossuficiência quanto à destinação adequada destes.

Após a análise deste contexto definiu-se o objetivo do presente trabalho que é desenvolver um estudo de caso de um projeto básico de um aterro sanitário no município de Santana da Vargem, a fim de contribuir com uma discussão associada às técnicas de engenharia sobre o assunto que tem fomentado a opinião pública.

Para tanto, realizou-se uma extensa pesquisa bibliográfica e estudo da legislação pertinente ao tema para adequação do projeto.

Quanto ao estudo de caso necessitou-se dimensionar a população de projeto, tendo como base as pesquisas realizadas no passado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), calcular a produção *per capita* de resíduos no município e a vida útil do Aterro Sanitário adotada em 20 (vinte) anos.

Estes dados possibilitaram o cálculo do volume acumulado de resíduo sólido que será disposto no aterro até o seu encerramento.

A partir da identificação de área total disponível para uso, com a ajuda do software Google Earth, observou-se a distância de 500 m de núcleo urbano em conformidade com a ABNT 1997, sendo que esta medida foi tomada a partir da última residência do aglomerado próximo à zona estudada.

Em seguida foi verificado o distanciamento de 200 m de cursos d'água relevantes, também definido pela ABNT 1997.

Diante do recolhimento de todo este estudo será possível delimitar a área, e assim, traçar o perfil longitudinal e o perfil transversal, para em seguida definir os métodos de preparo que serão utilizados e dimensionar um primeiro platô do aterro sanitário.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Elaborar um projeto de aterro sanitário com foco na minimização dos impactos ambientais, buscando soluções para a disposição final e correta dos lixos domésticos da cidade de Santana da Vargem, Sul de Minas Gerais.

2.2 Objetivos Específicos

- Estimar o crescimento populacional;
- Estimar a quantidade resíduos acumulados anualmente;
- Dimensionar drenagem pluvial e percolados;
- Elaborar o projeto básico de aterro sanitário.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 *Conceituação de Resíduos Sólidos*

Os resíduos sólidos constituem hoje uma das grandes preocupações ambientais do mundo moderno. As sociedades de consumo avançam de forma a destruir os recursos naturais, e os bens, em geral tem a vida útil limitada, transformando-se cedo ou tarde em lixo, cujas quantidades crescentes não se sabe o que fazer.

Entende-se por resíduos sólidos aqueles que estão:

Nos estados sólidos e semissólidos, que resultam de atividade da comunidade de origem: industrial, doméstica hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nestas definições os lodos provenientes de sistema de tratamento de água, aqueles gerados em equipamento e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornam inviável o seu lançamento na rede pública esgotos ou corpos de água ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviável em face de uma melhor tecnologia disponível, (ABNT 1987, p.1-2).

De acordo com o manual de saneamento do Ministério da Saúde, a definição de resíduos sólidos como materiais heterogêneos, (inertes, minerais e orgânicos), resultantes das atividades humanas e da natureza, que poderão ser parcialmente utilizados.

A nova lei de Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305 de dois de agosto de 2010, em seu artigo terceiro inciso XVI dispõe:

Resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividade humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólidos ou semissólidos, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpo d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

3.2 Classificações de Resíduos Sólidos

Em função de possíveis riscos que podem causar ao meio ambiente, os resíduos sólidos são classificados para que seu descarte seja correto. A classificação será analisada no tópico seguinte:

Os resíduos sólidos são classificados quanto a seus riscos ao meio ambiente e a saúde pública. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em sua NBR 10004 de 2004 classifica os resíduos em duas classes:

a) Classe I- Resíduos Perigosos: que são aqueles que apresentam riscos a saúde pública e ao meio ambiente, exigindo tratamento e disposição especiais em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade. Ex: óleo lubrificante usado ou contaminado, lodo galvanoplastia; lodos gerados no tratamento de efluentes líquidos de pintura industrial.

b) Classe II não perigosos: se divide em duas classes; Classe II A- Não Inertes que tem como propriedades como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Classe B- Inertes que são aqueles que em contato com a água, ainda permanecera potável. Muitos desses resíduos são recicláveis. Não se degradam ou tem degradação muito lenta. Exemplos: entulhos de demolição, pedras e areias retiradas de escavação.

Para cada classificação existe uma destinação mais adequada, com finalidade de diminuir os impactos ambientais.

Por exemplo, os resíduos hospitalares, considerados perigosos, são separados e geralmente são incinerados pelo fato de que em contato com resíduos de baixa periculosidade, altera sua característica tornando-o perigoso e prejudicial à saúde.

Segundo essa lei, classifica os resíduos quanto sua origem, indicando o local onde eles podem ser gerados e quanto à periculosidade, apontando as características dos resíduos considerados perigosos. A identificação dos resíduos não perigosos deve ser feita por exclusão.

3.3 As Formas de Destinação dos Resíduos Sólidos

Segundo o Ministério da Saúde (2008), existem diversas formas de descarte dos resíduos sólidos, aterro sanitário, aterro industrial, aterro controlado e lixão, porém nem todas são adequadas podendo acarretar problemas à saúde pública, como a proliferação de doenças, gerando também a poluição dos solos e das águas através do chorume.

Na opinião de Lima (2004), o aterro sanitário é uma das práticas mais utilizadas no presente em virtude de sua relativa simplicidade de execução e de seu baixo custo, tendo como fator limitante a disponibilidade de áreas próximas aos centros urbanos.

3.4 Aterro Sanitário

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1987) define o aterro sanitário como:

É um aprimoramento de uma das técnicas mais antigas utilizadas pelo homem para descarte de seus resíduos, que é o aterramento. Modernamente, é uma obra de engenharia que tem como objetivo acomodar no solo resíduo no menor espaço prático possível, causando o menor dano possível ao meio ambiente ou à saúde pública. (CETESB, 2014).

De acordo com a definição anterior, o aterro, entre outros requisitos, deverá ser construído de acordo com os critérios e as normas da engenharia.

Estes critérios materializam-se no projeto de sistemas de drenagem periférica e superficial, de acordo com Lima (2004), para afastamento de água e chuva, drenagem de fundo para coleta do lixiviado, de tratamento para o lixiviado drenado e de drenagem e queima de gases gerados durante o processo de bi estabilização da matéria orgânica.

Segundo Lima (2004), esta técnica consiste na compactação dos resíduos no solo, dispondo-se em camadas que serão periodicamente cobertas com terra ou outro

tipo de material inerte, para que se possa formar células que se alternarão entre resíduo e o material de cobertura.

O ideal é que o destino do lixo seja o aterro sanitário em virtude dos impactos ambientais, sociais, econômicos e ambientais. (CETESB, 2014)

No aterro sanitário, o acesso é restrito à pessoas especializadas. É feito o controle da composição, do lançamento e da deposição dos resíduos com um sistema de impermeabilização de base, cobertura diária e final dos resíduos, drenagem e tratamento de percolados e queima de gases. Não há lançamentos de carbono à atmosfera causando baixo impacto ambiental. (CETESB, 2014).

Quanto ao aspecto social, o aterro também apresenta benefício como geração de empregos, a coleta seletiva de recicláveis, distância de núcleos urbanos de baixa renda e inexistência de problemas com a comunidade local. (Lima, 2004).

3.5 Tipos de Aterros

Existem três possíveis formas de disposição de resíduos em aterros: os aterros sanitários, para onde são destinados os resíduos de origem urbana (Doméstico, Comerciais), industriais e os aterros controlados.

Ainda Lima (2004), o aterro controlado é uma forma de disposição final de resíduos sólidos, na qual precauções tecnológicas adotadas durante o desenvolvimento do aterro, como o recobrimento dos resíduos com argila, aumentam a segurança do local, minimizando os riscos de impactos ao meio ambiente e a saúde pública. Embora seja uma técnica preferível ao lançamento à céu aberto, não substitui o aterro sanitário; é uma solução compatível para municípios pequenos que não dispõem de equipamento compactador, não sendo uma técnica adequada.

Para Lima (2004), este tipo de aterro não pratica medidas para combate à poluição, uma vez que não recebe camada impermeabilizante ideal antes da deposição de lixo, causando poluição do solo e do lençol freático.

O aterro controlado também não trata integralmente o chorume e os gases que emanam da decomposição do lixo. Por não possuir cobertura vegetal, as atividades do

aterro controlado ficam expostas ao ambiente. (CETESB, 2014).

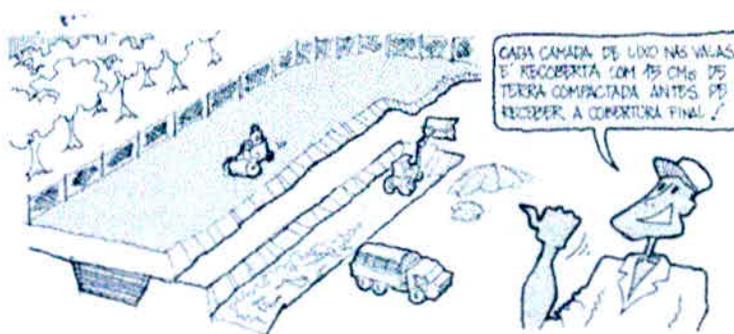
Os aterros chamados controlados, geralmente são antigos lixões que passaram por um processo de remediação da área do aterro, ou seja, isolamento do entorno para minimizar os efeitos do chorume gerado, canalização deste mesmo para tratamento adequado, remoção dos gases produzidos em diferentes profundidades do aterro, recobrimento das células expostas na superfície, compactação adequada, e gerenciamento do recebimento de novos resíduos.

3.6 MÉTODOS CONSTRUTIVOS E PLANOS DE EXECUÇÃO

3.6.1 Métodos Construtivos

De acordo com a observação de Lima (2004), o método da trincheira fundamenta-se na abertura de trincheiras no solo, onde o lixo é disposto no fundo, compactado e posteriormente recoberto com terra, conforme mostra a figura 1.

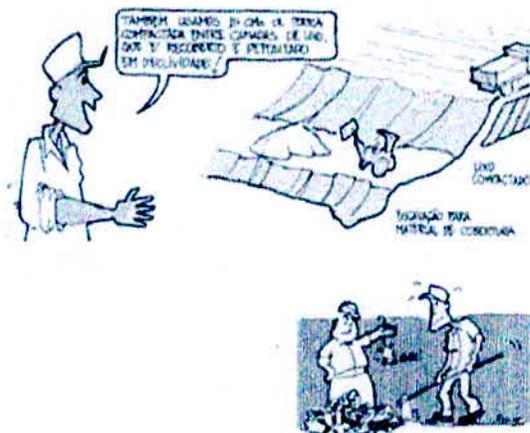
Figura 1- Método da Trincheira



Fonte: http://www.resol.com.br/cartilha/tratamento_metodo_php,2014.

Método da rampa, também conhecido como método da escavação progressiva, é empregado em áreas planas onde o solo natural oferece boas condições para ser escavado e utilizado como material de cobertura. Conforme mostra a figura 2.

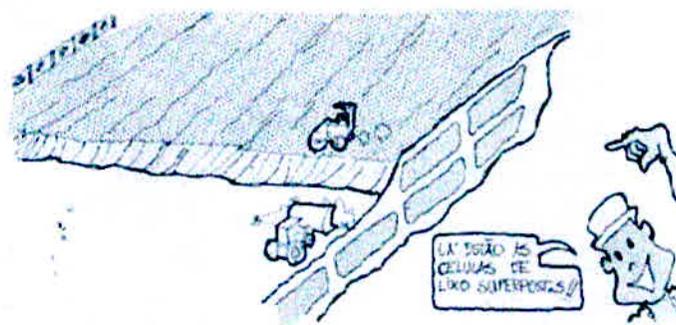
Figura 2-Método da rampa



Fonte: http://www.resol.com.br/cartilha/tratamento_metodo.php,2014.

Método da área, este método é comumente empregado em local onde topografia se apresenta de forma irregular e o lençol freático esta no limite máximo. Conforme mostra a figura 3.

Figura 3-Método da Área



Fonte: http://www.resol.com.br/cartilha/tratamento_metodo.php,2014.

3.6.2 Planos de execução do aterro sanitário

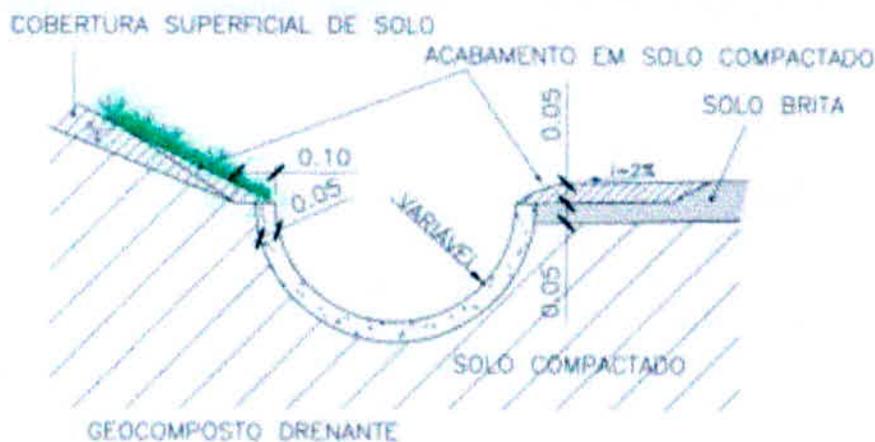
Os planos de execução do aterro devem estar de acordo com o projeto e com o cronograma. Assim os prazos e etapas de execução dos serviços devem ser obedecidos regulamente, procurando-se manter um ciclo de atividades interruptas. Paradas e alterações no sistema levam a rápida desorganização do aterro encarecendo o processo. Portanto, é preciso passar pelas seguintes etapas:

Preparo do sistema de drenagem superficial das águas pluviais. Os drenos superficiais são destinados a desviar as águas das chuvas reduzindo a carga de líquidos percolados no aterro. Estes drenos devem ser projetados de conformidade com a topografia do local, de modo que as águas desviadas não possam causar qualquer dano ao meio e ao andamento dos serviços.

O sistema de drenagem superficial das águas pluviais pode ser dimensionado em função da área da bacia contribuinte, da intensidade das chuvas e das características físicas do terreno.

Figura 4 mostra alguns detalhes construtivos dos drenos de águas pluviais.

Figura 4- Drenagem de águas pluviais



Fonte: Geotech consultoria (2014).

A formulação matemática da vazão contribuinte é dada, segundo E. M. Norum, pela formula racional:

$$Q = (S \cdot i \cdot C)$$

Q=vazão (m/s);

S= área da bacia contribuinte (m²);

C= coeficiente de escoamento superficial, que é uma função direta das características da bacia;

i = intensidade da chuva critica (m/s).

Obs.: A intensidade da chuva critica é aquela em que o tempo de duração da precipitação é igual ao tempo de concentração da bacia.

De posse do valor da vazão, estimam-se as linhas geométricas dos drenos segundo E.M. Norum pela aplicação da formula de Chézy modificada por Manning:

$$Q = \frac{(Rh)^{\frac{2}{3}} \cdot S \cdot (I)^{\frac{2}{3}}}{n}$$

Onde n= coeficiente de rugosidade;

Q= vazão na seção desejada (m³/s);

Rh= raio hidráulico da seção, consiste na razão entre a seção molhada(s) e o perímetro molhado (p);

S=área da seção transversal preenchida pelo liquido (m);

I= declividade do dreno (m/m)

Preparo do sistema de drenagem de líquidos percolados:

O sistema de drenagem de percolados e chorume deve atender com segurança o volume dos líquidos que atravessam a massa do aterro.

O dimensionamento deste sistema não é uma tarefa simples devido à impossibilidade de se conhecer os inúmeros fatores responsáveis pelo surgimento dos veios líquidos.

Segundo Luz (1981), a produção do chorume é mínima tendendo a zero, no entanto, nos períodos de chuva, o chorume pode surgir junto com as águas de percolação.

A vazão de percolados em aterros é indeterminada, pois depende de vários fatores, dentre eles pluviometria local, grau de compactação das células de lixo, tipologia do lixo e do material de cobertura etc. (Lima, 2004).

Considerando o grau de complexidade, o procedimento correto para a determinação da vazão de percolados é a medição correta direta. (Lima, 2004).

Todavia, algumas formulações matemáticas foram propostas nas expectativas de facilitar os projetos dentre estas formulações esta o método suíço, sendo o mais recomendado no caso específico de aterros:

$$Q = \frac{1}{t} (P \cdot S \cdot K)$$

Onde Q= vazão media de líquidos percolados (l/s);

P= precipitação media anual (mm/ano);

S= área do aterro (m²);

t = tempo(s) (equivalente a 1 ano= 31 535 000 s)

K= constante de compactação (ver tabela 1).

Tabela 1- Valores da constante de compactação K.

Tipo de solo	Peso Específico	K
Aterros fracamente compactados	0,40 a 0,70	0,25 a 0,50
Aterros fortemente compactados	0,70 a 0,90	0,15 a 0,25

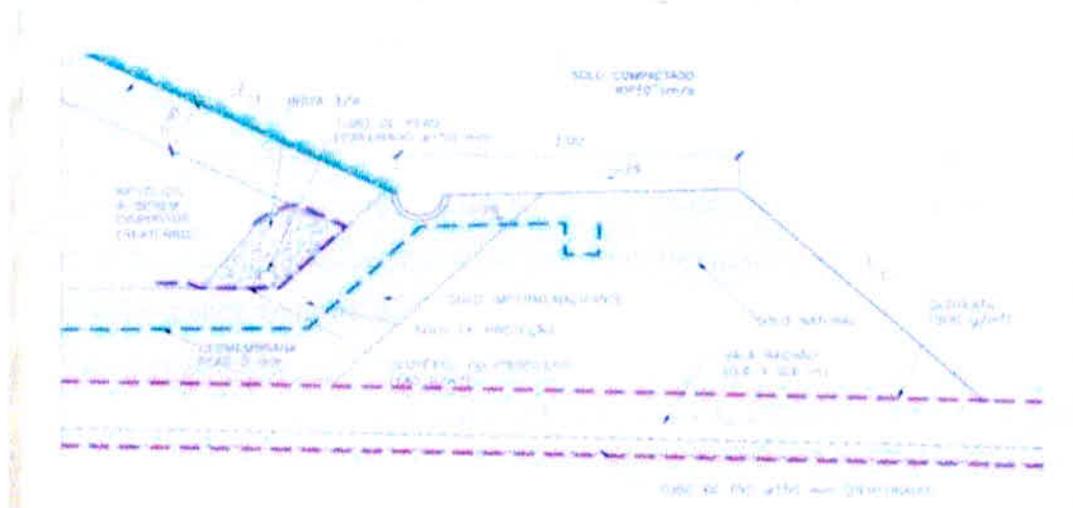
Fonte: (LIMA, 2004, p. 57,2014).

O sistema de drenos de percolados é caracterizado por um meio poroso de pouca declividade. Em geral, constitui-se de canaletas escavas nos solos, preenchidas com pedra britada. Alguns drenos, os destinados a escoar os líquidos com velocidade,

são providos de meia cana. O projeto de drenagem deve ser orientado no sentido de conduzir todos os líquidos percolados para um único local. (Lima,2004).

A figura 5 mostra alguns detalhes construtivos dos drenos de percolados e chorume.

Figura 5 - Drenos de percolados e chorume



Fonte: Geotech consultoria (2014).

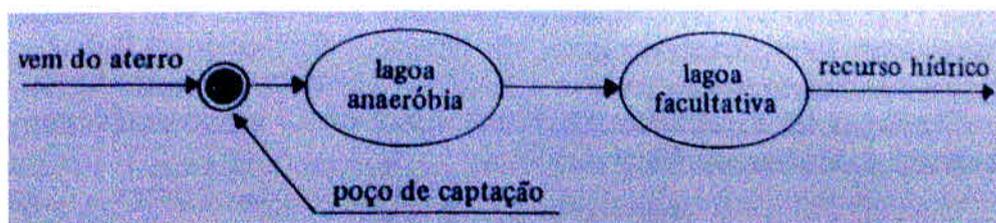
Preparo do sistema de tratamento e captação dos líquidos percolados. Os líquidos percolados são coletados em um único local, onde são submetidos a tratamento (quando necessário). O processo a ser utilizado é:

Tratamento em lagoas de estabilização. As lagoas de estabilização são apresentadas geralmente como eficientes sistemas de tratamento de percolados de aterros e outros resíduos líquidos, como esgotos domésticos e industriais.

A facilidade da construção, operação, manutenção e custo relativamente baixos.

O método mais frequentemente utilizado é o Sistema Australiano de Lagoas de Estabilização, que consiste na associação de uma lagoa anaeróbia com uma lagoa facultativa. Como mostra na figura 6. (Lima, 2004).

Figura 6- Sistema australiano de lagoas de estabilização

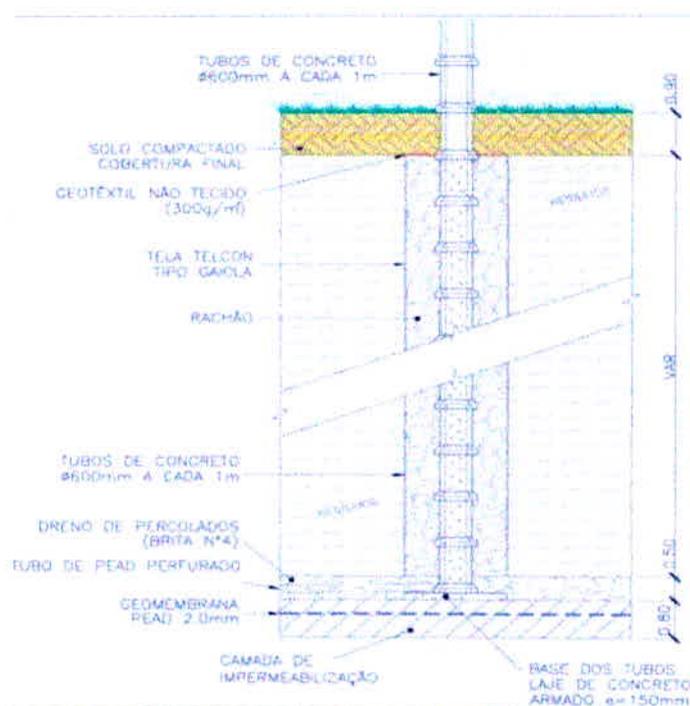


Fonte: (LIMA, 2004, p. 59).

O tempo de tratamento em lagoas varia de 5 a 50 dias, dependendo do volume e da demanda bioquímica de oxigênio. (Lima, 2004).

Preparo do sistema de drenagem dos gases. Nos aterros de lixo geralmente ocorre formação de gases, como o CH₄, o CO₂ etc. Os processos de digestão anaeróbia e, para evitar sua migração, projete-se um sistema de drenagem e captação. Este sistema consiste de drenos verticais de tubos de concreto perfurados conforme mostrado na figura 7. (Lima, 2004).

Figura 7- Drenagem de gases



Fonte: Geotech consultoria. (2014).

A prática recomenda que estes drenos sejam interligados ao sistema de drenagem de líquidos e percolados, de forma a permitirem o monitoramento dos

líquidos e gases ao mesmo tempo, alguns sistemas visam aproveitar os gases do aterro. (Lima, 2004).

Segundo (ABNT, 1992), a norma exige estrutura complementares em que o local deve ser isolado, cercado e com portão, prédio da administração, guarita e balança.

3.7 CRESCIMENTO POPULACIONAL

3.7.1 Utilização de estatísticas da população

Do ponto de vista sanitário os dados sobre o total de habitantes de uma coletividade e sua distribuição de acordo com suas principais características, são básicos na elaboração de qualquer programação.

Na etapa da planificação, as estimativas da população permitirão estimar os serviços que poderão ser prestados com os recursos existentes ou calcular os recursos necessários para prestar determinados serviços.

3.7.2 Estimativas de população

As publicações censitárias sempre se referem ao passado e habitualmente se deseja conhecer dados referentes ao futuro, ou para anos diferentes ao do censo. Assim, há necessidade de conhecer métodos adequados que permitam estimar com alguma precisão o crescimento das populações.

As populações, humana e animal, não são estáticas; na realidade elas são dinâmicas, já que experimentam trocas em forma permanentes. O censo nos fornece a cada 10 anos uma informação sobre o tamanho da população.

A operação censitária é muito ampla e dispendiosa para ser repetida com maior frequência. Para os anos intermediários ou posteriores ao censo, obtêm-se os dados de população por métodos especiais de estimativas.

Existem vários métodos de estimativa de população, dos quais são geralmente mais conhecidos e mais usados: aritmético; natural; e geométrico. (Qasim, 1985).

3.7.3 Método Aritmético

Este método baseia-se na suposição de que a população aumenta sob a forma de uma progressão aritmética, ou seja, supõe que a população humana, ou uma população animal cresça a uma quantidade constante por ano, ou seja, evoluindo segundo sua linha reta. Apresenta crescimento linear ao decorrer do tempo. (Qasim, 1985).

Sua fórmula é:

$$Ka = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \qquad P_t = P_2 + Ka (t - t_2)$$

K_a : taxa de crescimento aritmética;

P_2 e P_1 : população final e inicial conhecidas;

P_t : população de projeto;

t_2 e t_1 : ano final e inicial conhecidos;

t : ano de final de projeto.

3.7.4 Método Natural

Só se aplica quando existem bons sistemas de informações que cobrem nascimentos, mortes, imigração e emigração. É também chamado de Método Nacional, pois se aplica em nível de nação.

Para toda a nação pode se conhecer a imigração adequadamente, porém para regiões isoladas o método não pode ser aplicado. Por exemplo, não pode ser aplicado em nível de unidades da federação (Estado). É Nacional. Usado somente para populações humanas restritas a países desenvolvidos.

Este método consiste em agregar-se, acrescentar à população do último censo a diferença entre o número de nascimentos e mortes e a diferença da imigração sobre a emigração da população. (Qasim, 1985).

Sua fórmula pode ser expressa do seguinte modo:

$$P_x = P_u + (N - O) + (I - E)$$

em que

P_x = população a ser estimada;

P_u = população do último censo;

$N - O$ = nascimento menos óbitos;

$I - E$ = imigração menos emigração.

3.7.5 Método Geométrico

Crescimento populacional função da população existente a cada instante. Utilizado para estimativas de menor prazo. O ajuste da curva pode ser também feito por análise da regressão. (Qasim, 1985).

$$\frac{dP}{dt} = K_g \cdot P \quad P_t = P_2 \cdot e^{K_g \cdot (t-t_2)} \quad K_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1}$$

$\frac{dP}{dt}$ = variação da população por unidade de tempo;

K_g = taxa de crescimento geométrico;

P_1 – população do penúltimo censo;

P_2 – população do último censo;

P – População no ano de projeção;

t – ano de projeção.

3.8 Tratamento de Efluentes

3.8.1 Lagoa Facultativa

Neste processo, o esgoto afluente entra continuamente em uma extremidade da lagoa e sai continuamente na extremidade oposta. Ao longo deste percurso, que demora vários dias, uma série de eventos contribui para a purificação dos esgotos. Parte da matéria orgânica em suspensão tende a sedimentar, vindo a constituir o lodo de fundo. Este lodo sofre processo de decomposição por microrganismos anaeróbios. A matéria orgânica dissolvida, conjuntamente com a matéria orgânica em suspensão de pequenas dimensões, não sedimenta, permanecendo dispersa na massa líquida, onde sua decomposição se dá por bactérias facultativas, que têm a capacidade de sobreviver tanto na presença, quanto na ausência de oxigênio. (COPASA, 2015).

3.8.2 Lagoa Anaeróbia

Neste processo, a lagoa possui menores dimensões e maior profundidade. Devido às menores dimensões e à maior profundidade dessa lagoa, a fotossíntese praticamente não ocorre. Predominam as condições anaeróbias, pois no balanço entre o consumo e a produção de oxigênio, o consumo é amplamente superior. As bactérias anaeróbias têm taxa metabólica e de reprodução mais lenta do que as bactérias aeróbias. Em assim sendo, para um período de permanência de 2 a 5 dias na lagoa, a decomposição da matéria orgânica é parcial. (COPASA, 2015).

4. METODOLOGIA

O trabalho foi dividido em duas etapas, a saber, TCC 01 – realizado durante o nono período do curso de engenharia civil e TCC 02 – realizado durante o décimo período.

Na primeira etapa do trabalho, foram desenvolvidas pesquisas em sites de internet de cunho acadêmico, livros, levantamento de campo, diagnóstico e profissionais especializados, com a finalidade de obter todo o levantamento técnico necessário sobre o tema em questão.

Na segunda etapa foram estabelecidas as condições necessárias para a realização do projeto, atentando às verificações exigidas. Para os cálculos, foram desenvolvidas planilhas através do software Excel (Microsoft Office) e para o detalhamento do projeto foi utilizado o software AutoCAD (Autodesk).

Para estimativa populacional foi usado o método aritmético. Para encontrar curvas de níveis do local foi usado o software Global Mapper.

Para o dimensionamento de drenagem superficial das águas pluviais será utilizado o método racional usando a fórmula de Norum (1961). O dimensionamento hidráulico do sistema de drenagem foi realizado através da fórmula de Manning.

Para o dimensionamento do sistema de drenagem de líquidos percolados e chorume será usado o método suíço.

Depois de feito a drenagem dos líquidos percolados e chorume será feito um tratamento do mesmo que nesse trabalho será utilizado o Sistema Australiano de Lagoas de Estabilização para que os líquidos que são captados pelos drenos sejam tratados e são lançados em corpo d'água para o processo de depuração.

5. DIAGNÓSTICO

5.1 Levantamentos de Dados

De acordo com o censo IBGE-2010 a área do município de Santana da Vargem é de 172,44 Km², localiza-se no Sul de Minas Gerais, sua população é de 7231 habitantes, ela é banhada pelo Ribeirão Santana e pelo Córrego do Chale pertencente à Bacia do Rio Grande. O município possui uma área de 2,7ha, que nela é proposto o projeto básico para a destinação dos resíduos sólidos na cidade.

Para a coleta dos resíduos no município, consta com um quadro funcional conta de cinco trabalhadores, com jornada de trabalho de 40 horas semanais, de segunda a sexta. Para os funcionários são disponibilizados equipamentos de proteção individual (EPI).

A coleta do lixo é feita pelo próprio município, com seu próprio pessoal contendo um motorista e quatro garis que se revezam na coleta. O município possui um veículo compactador para os resíduos e dois tratores para entulhos.

Segundo informações da Prefeitura de Santana da Vargem, a coleta é realizada todos os dias, e recolhidas em média 4,55 t/dia. A partir da quantidade diária de resíduo gerado e da população existente, foram determinados à geração per capita. Assim, para o período foram gerados 0,63 kg hab⁻¹ dia⁻¹.

Os lixos hospitalares e de farmácias são recolhidos por uma empresa terceirizada tem por finalidade o destino correto dos mesmos.

A prefeitura de Santana da Vargem não realiza coleta seletiva, todos os resíduos que poderiam ser reciclados, ou são perdidos, ou recolhidos por alguns catadores, como forma de sobrevivência, já que a cidade não há cooperativa para o setor.

Os lixos gerados pela construção civil, e outros tipos de entulhos também é um problema para prefeitura, onde a retirada é feita de 2 em 2 dias ou dependendo da

necessidade, gera em torno de 7 a 8 toneladas semanais, e destinado no mesmo espaço dos resíduos sólidos.

O trajeto do caminhão é feito em toda cidade, após é levado para o “lixão” e armazenado esses resíduos sólidos, é exposto sem condições nenhuma, com a entrada e saída fácil para catadores correndo risco de doenças proveniente do lixo, e depois e o mesmo só será transportado somente no final de semana para outra localidade.

5.3 Destino do “lixo” da cidade

O município destina seus resíduos em um aterro sanitário em uma cidade próxima, aumentando desta forma seus gastos, uma vez que, a cidade de destino-Alfenas possui uma distância de aproximadamente 75 km, deixando claramente registrado que a distância acima de 40 km representa a inviabilidade deste descarte no bolso dos contribuintes.

Ao partir desta premissa, surge o interesse da elaboração do projeto de um aterro sanitário para o município que tem como objetivo acomodar no solo resíduo no menor espaço possível.

A pretensão é que se faça o projeto de um aterro sanitário com a vida útil prevista para 20 anos, uma vez que, a projeção da população para 2034 seja de um pouco mais de 7,700 mil habitantes, gerando um grande volume de resíduos sem destinação correta.

6. ESTUDO DE CASO

6.1 Vida Útil do Aterro Sanitário

De acordo com a ABNT (1997), alínea “f”, do item 4.1.1, para um aterro sanitário, a vida útil mínima é de 10 anos. No entanto, considerou-se a dificuldade imposta pelo empreendimento e determinou para os cálculos do aterro sanitário em estudo uma vida útil de 20 anos.

6.2 População de Projeto

Para a determinação da população atual adotou-se a expressão geral que define o crescimento de uma população ao longo dos anos, no qual foi utilizado o método aritmético, como mostra na fórmula:

Formula: Método Aritmético

$$Ka = \frac{P2-P1}{t2-t1} \quad Pt = P2 + Ka (t - t2)$$

Para o método aritmético foi utilizado três censos anteriores, neste caso, utilizou o censo demográfico realizados pelo IBGE, dos anos 1991, 2000 e 2010 para o município de Santana da Vargem, valores demonstrados no quadro 1, a seguir:

Quadro 1: Censo Demográfico

Ano	Santana da Vargem
1991	6846
2000	7521
2010	7231

Fonte: IBGE. (2015).

Utilizando os censos citados anteriormente no quadro 1, foi possível calcular a previsão da população para os próximos vinte anos da cidade de Santana da Vargem.

O cálculo da previsão de população para os próximos vinte anos:

$$Ka = \frac{7231-6846}{2010-1991} = 20,31$$

Pt(2025)=7537 hab

Pt(2034)=7719 hab.

6.3 Identificação da área disponível

A área escolhida para o estudo é situada próxima à Rodovia BR-265 que é de fácil acesso, nela foi verificada a distância mínima de 500m do núcleo urbano, a ferramenta utilizada para esta análise foi Google Earth (2015), onde a linha indica a distância mínima imposta pela norma. A Figura 8 demonstra o distanciamento das residências e a área delimitada para o estudo.

Figura 8- Distância das residências



Fonte: Google Earth, 2015.

6.4 Cálculo do Volume Acumulado de Resíduos

Com base na previsão do crescimento populacional do município, foi calculada o volume acumulado de resíduos produzidos para a vida útil do aterro o aterro, como mostra o quadro 2:

Quadro 2: Cálculo de Volume acumulado

Ano	Habitantes	Per Capita (%)	Ton. Dia	Tonelada ano	Vol. Anual (m ³ /ano)	Acumulado (m ³)	Vol. Acum. + solo de cob. (m ³ + %)
2015	7.333	0,63	4,62	1686,2	2810,4	2810,4	3372,48
2016	7.352	0,63	4,63	1690,6	2817,7	5628,1	6753,66
2017	7.373	0,63	4,64	1695,4	2825,7	8453,8	10144,51
2018	7.393	0,63	4,66	1700,0	2833,4	11287,1	13544,55
2019	7.414	0,63	4,67	1704,8	2841,4	14128,5	16954,25
2020	7.434	0,63	4,68	1709,4	2849,1	16977,6	20373,14
2021	7.454	0,63	4,70	1714,0	2856,7	19834,4	23801,24
2022	7.474	0,63	4,71	1718,6	2864,4	22698,8	27238,53
2023	7.494	0,63	4,72	1723,2	2872,1	25570,9	30685,02
2024	7.516	0,63	4,74	1728,3	2880,5	28451,4	34141,63
2025	7.537	0,63	4,75	1733,1	2888,6	31339,9	37607,90
2026	7.556	0,63	4,76	1737,5	2895,8	34235,8	41082,90
2027	7.576	0,63	4,77	1742,1	2903,5	37139,3	44567,10
2028	7.596	0,63	4,79	1746,7	2911,2	40050,4	48060,50
2029	7.617	0,63	4,80	1751,5	2919,2	42969,6	51563,56
2030	7.637	0,63	4,81	1756,1	2926,9	45896,5	55075,82
2031	7.658	0,63	4,82	1761,0	2934,9	48831,4	58597,73
2032	7.578	0,63	4,77	1742,6	2904,3	51735,7	62082,85
2033	7.698	0,63	4,85	1770,2	2950,3	54686,0	65623,16
2034	7.719	0,63	4,86	1775,0	2958,3	57644,3	69173,13

Fonte: Autoria própria

A quantificação da geração de resíduos sólidos urbanos é baseada em índices relacionados ao número de habitantes atendidos pelo sistema de coleta e ao volume de resíduos gerados, materializando a denominada produção per capita de resíduo. Esta produção representa a quantidade de resíduos sólidos gerada por habitantes em um período de tempo específico, pode ser expressa em kg/hab.dia ou g/hab.dia ou l/hab.dia.

Para alcançar o volume de resíduos acumulado no final de 20 anos de aterro sanitário foi necessário calcular a geração per capita de lixo, atendimento de coleta e peso específico dos resíduos compactados no aterro.

Segundo Lima (2004), a geração diária de resíduos sólidos urbanos no Brasil é de 0,60 kg/hab.dia. (considerando uma eficiência de coleta em 80 a 100%). Para o estudo do município foi usado 0,63kg/hab.dia a partir da quantidade gerada dia pela população existente, valores referente à população do ano de 2014 que é 7.313 habitantes e geração resíduos de 4,55 t/dia.

Diante disto e com base nos dados populacionais fornecidos pelo IBGE (2015), anteriormente citados, em 2010 o município de Santana da Vargem produziu cerca de 4.55 t/d, chegando a mais de 136 toneladas ao mês.

Conforme Lima (2004), o peso específico do lixo compactado e usado para este caso foi de 0,60 t/m³.

Outro elemento aplicado é cobertura com solo utilizado para o cobrimento do RSU no aterro sanitário. Na bibliografia anteriormente citada esta camada de solo varia entre 20% a 30% da camada de resíduo, adotou-se para os cálculos o valor de 20%.

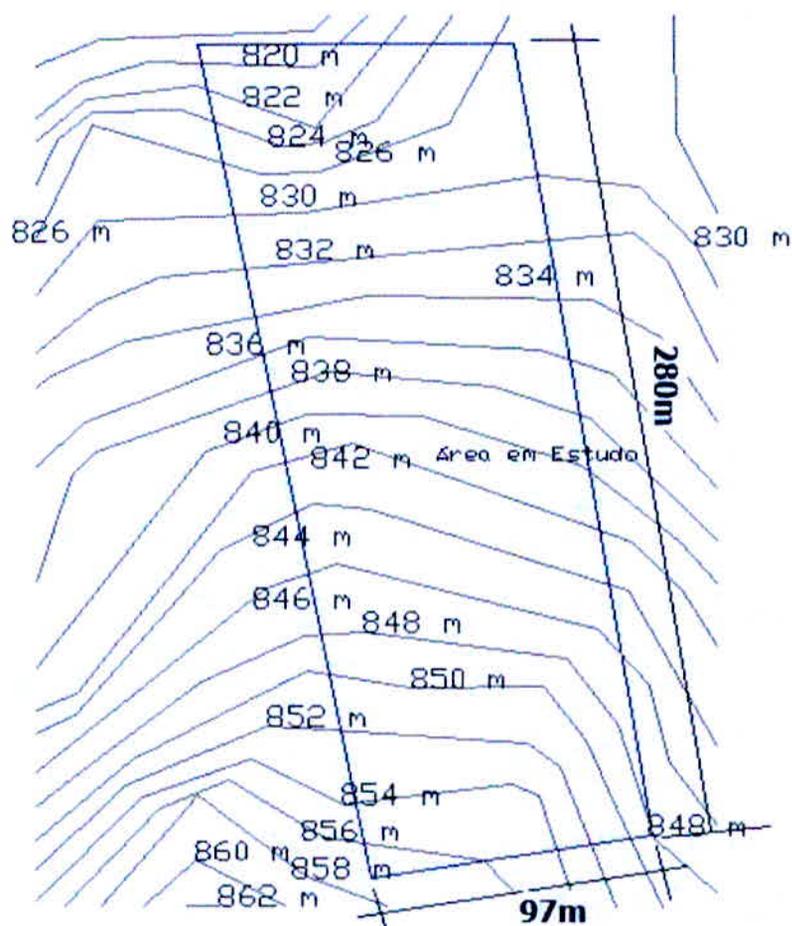
O solo da cobertura pode ser retirado de jazidas localizadas no próprio terreno onde será implantado o aterro sanitário, planificando elevações, ou adquirido em outras jazidas próximas ao local do aterro.

Diante dos cálculos instituídos determinou-se o volume acumulado de resíduos sólidos urbanos adicionados a cobertura de solo de 69173,13m³.

6.5 Estudo Planialtimétrico

A área em estudo para o projeto totaliza mais de 27.000m² ou 2,7 ha. O perímetro do local analisado perfaz um total de 754m. Por motivo de viabilidade á analise topográfica foi feita com ajuda de softwares.

Figura 9 - Estudo Planialtimétrico



Fonte: Aatoria Própria

O resultado obtido com á analise do perfil longitudinal para a declividade, definida como sendo a diferença de altitude dividida pela distância, é de 9% e para o perfil transversal com uma declividade de 4,4%%, estando os mesmos dentro dos parâmetros indicados pela norma ABNT 1997.

6.6 Escolha do Método de preparo do Aterro Sanitário

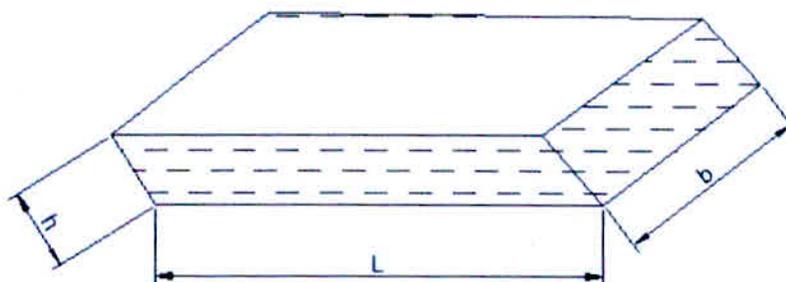
O método operacional do aterro sanitário será baseado na topografia do local em estudo, levando-se em conta, ainda, a falta de dados sobre o seu lençol freático.

Devido o resultado da declividade do terreno a ser usado, o método a ser utilizado será o de rampa, pois para os outros métodos como o de trincheira e método da área, necessita-se de um terreno com pouca declividade.

De acordo Lima (2004), dentre os três métodos, o método de rampa é considerado o mais vantajoso em termos econômicos.

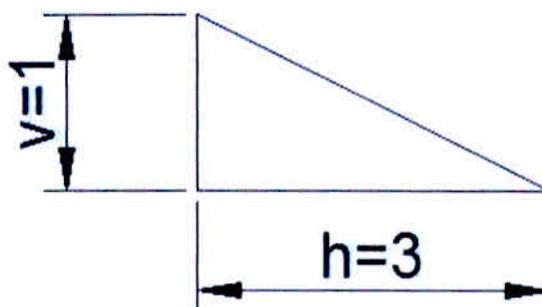
6.7 Cálculos Platô

Figura 10- Perfil do platô



Fonte: Lima (2004).

Figura 11- Perfil do talude



Fonte : Lima(2004)

Onde h = altura da célula (adotado 5 m). Em aterros a altura da célula pode variar de 1 a 5 metros ;

b = frente de serviço (metros) ;

L = largura da célula (metros) ;

i = inclinação do talude (adotando 1 :3) ($v :h$). Em aterros a inclinação do talude pode variar de 1 :1 a 1 :3, dependendo das condições de projeto.

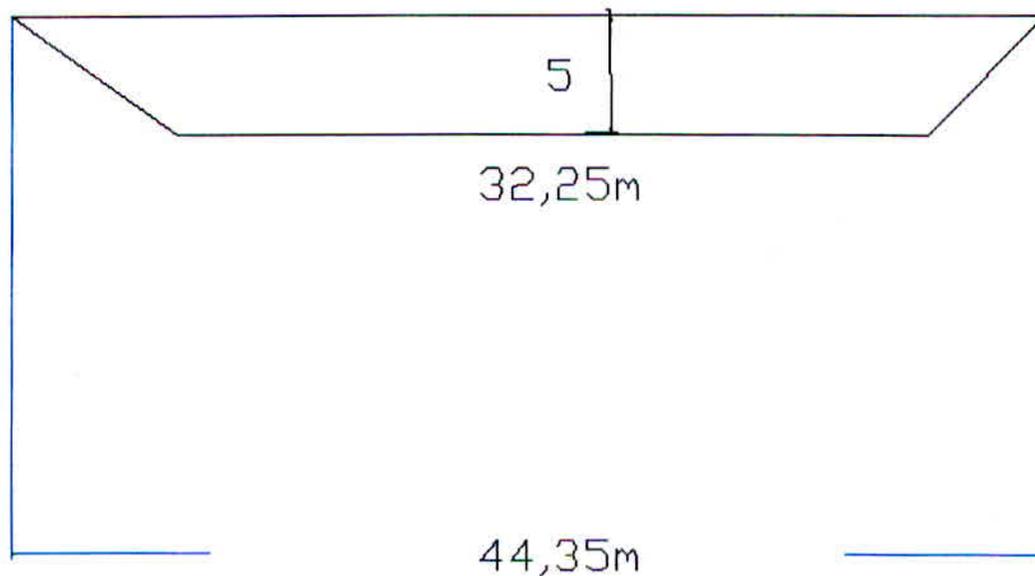
V = volume a aterrar (m^3)

Considerando a $h = 5$ metros (adotado) e fazendo $l = b$, temos:

$$V = b \cdot h \cdot l = b^2 \cdot h,$$

Cada platô terá uma altura de 5 metros, com uma largura de 44,35m por um comprimento de 91m de acordo com a dimensão do meu terreno, como uma área total de 4035,85m², cada platô terá a capacidade de acomodar um volume de 17,426m³ de resíduos. Figura 12 mostra o corte do platô.

Figura-12 Corte de cada Platô



Fonte-Autoria Própria.

Resumo obtidos de cada platô:

- Frente de serviço será de 44,35 m;
- Altura de cada platô será de 5 m;

- Largura de cada platô será de 91 m;

Para a projeção estimada do aterro de 20 anos, será necessária uma área equivalente a 17,381m². Será dividido na área total a quantidade quatro rampas, sendo assim uma rampa a cada cinco anos, mostra que a área total destinada ao aterro sanitário que corresponde 27.000m², atenderá a necessidade de projeto, croqui apresentado em apêndice.

6.8 Preparo da cobertura final do aterro

O recobrimento definitivo ou o acabamento final do aterro é indispensável pela necessidade de se incorporar a área aterrada ao meio urbano, em condições de uso. Desse modo, (0,60 a 1m) e, em seguida, uma fina camada de terra fértil, onde algumas espécies vegetais resistentes à temperatura possam ser cultivadas.

7. DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS

Para o desenvolvimento do cálculo da rede de galeria de águas pluviais, foi adotou-se o “**Método Racional**”.

O método racional para avaliação da vazão de escoamento superficial consiste na aplicação da equação:

$$Q = (S \cdot i \cdot C)$$

Q = Vazão, em (m³/s);

C = Coeficiente de escoamento superficial da bacia;

i = Intensidade média da chuva de projeto, em (m/s);

S = Área da bacia que contribui em, (m²).

Equação Geral

$$i = \frac{K.T^a}{(tc + b)^c}$$

Os coeficientes utilizados foram encontrados utilizando o software Plúvio 2.1, através dos dados da cidade de Santana da Vargem, como mostra na figura 13.

$$i = \frac{6285,028 \cdot T^{0,185}}{(tc + 38,967)^{1,071}}$$

Figura 13- Dados encontrados no software Plúvio 2.1.

LOCALIZAÇÃO:

Localidade: Santana da Vargem **Estado:** Minas Gerais

Latitude: 21°14'57"

Longitude: 45°30'24"

PARÂMETROS DA EQUAÇÃO:

K: 6285,028

a: 0,185

b: 38,967

c: 1,071

Fonte: Plúvio 2.1

$$i = \frac{6285,028 \cdot (10)^{0,185}}{(20 + 38,967)^{1,071}}$$

$$i = 122,1757 \text{ mm/h} \quad \therefore 0,12217 \text{ m/h} \quad \therefore 0,000034 \text{ m/s}$$

A drenagem de águas pluviais será dividida pela área de cada platô, como todos os platôs têm as mesmas dimensões adotar a vazão e o diâmetro da seção para os mesmo.

Área de um platô 44,35x 91m=4035,8m².

$$Q = (4036 \cdot 0,000034 \cdot 0,275) = 0,037 \text{ m}^3/\text{s}$$

De posse do valor da vazão, estima as dimensões das canelatas tipos meia cana segundo a fórmula de Manning:

Declividade do terreno

$$I = \frac{856 - 847}{91} = 0,098 \text{ m/m}$$

$$Q = \frac{\left(Rh \right)^{\frac{2}{3}} \cdot S \cdot \left(I \right)^{\frac{2}{3}}}{n}$$

Onde $n = 0,013$ concreto;

$$Q = 0,037 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Rh = \frac{D}{4}$$

$S = \text{área de um platô } 4036 \text{ m}^2$;

$$I = 0,098 \text{ (m/m)}$$

$$0,037 = \frac{\left(\frac{D}{4} \cdot 4034 \cdot 0,098^{\frac{2}{3}} \right)}{0,013} \therefore D = \varnothing 150 \text{ mm}$$

7.1 Preparo do sistema de drenagem de líquidos percolados

Para o desenvolvimento do cálculo de drenagem dos líquidos percolados adotou-se o “Método Suíço” sendo o mais recomendado no caso específico de aterros, que consiste na aplicação da equação:

$$Q = \frac{1}{t} (P \cdot S \cdot K)$$

Onde $Q = \text{vazão média de líquidos percolados (l/s)}$;

$P = \text{precipitação média anual (mm/ano)}$;

$S = \text{área do terreno (m}^2\text{)}$;

$t = \text{tempo (s) (equivalente a 1 ano } = 31\,536\,000 \text{ s)}$;

$K = \text{constante de compactação (ver tabela 2)}$.

Tabela 2-Valores da constante de compactação K.

Tipo de solo	Peso Específico	K
Aterros fracamente compactados	0,40 a 0,70	0,25 a 0,50
Aterros fortemente compactados	0,70 a 0,90	0,15 a 0,25

Fonte: Lima (2004).

A drenagem dos líquidos percolados será de acordo com a área de cada platô, considerar nos demais por ser a mesma dimensão. Cada rampa que terá a drenagem, contem as dimensões de $32,25 \times 91 \text{m} = 2935 \text{m}^2$.

$$Q = \frac{1}{31536000} (1400 \cdot 2935 \cdot 0,375) = 0,0488 \frac{\text{l}}{\text{s}} \therefore 0,000049 \text{m}^3/\text{s}$$

$$\therefore \frac{4,22 \text{m}^3}{\text{d}} \text{ (cada platô)}$$

Diâmetro da seção líquidos percolados:

$$0,000049 = \frac{\left(\frac{D}{4} \cdot 4036 \cdot 0,098^{\frac{2}{3}}\right)}{0,001}$$

\varnothing min 150mm com o uso de tubo de PEAD perfurado.

8. PREPARO DO SISTEMA DE TRATAMENTO E CAPTAÇÃO DOS LÍQUIDOS PERCOLADOS E IMPERMEABILIZAÇÃO

Preparo do sistema de tratamento e captação dos líquidos percolados. Os líquidos percolados são coletados em um único local, onde são submetidos a tratamento, (quando necessário). O processo a ser utilizado é:

Tratamento em lagoas de estabilização. As lagoas de estabilização são apresentadas geralmente como eficientes sistemas de tratamento de percolados de aterros e outros resíduos líquidos, como esgotos domésticos e industriais.

A facilidade da construção, operação, manutenção e custo relativamente baixos. O método mais frequentemente utilizado é o Sistema Australiano de Lagoas de Estabilização, que consiste na associação de uma lagoa anaeróbia com uma lagoa facultativa, através do conceito de equivalente populacional.

Para cálculo da carga, usaremos as vazões geradas de dois platôs, onde essas lagoas terão o tratamento previsto para 10 anos existência do aterro e as outras duas lagoas para os outros 10 anos, sua vazão correspondente será: $4,22 \text{m}^3/\text{d} \times 2 = 8,44 \text{m}^3/\text{d}$.

DBO = 3000 mg/l ou g/m³ (recomendação FEAM)

- Cálculo da Carga:

$$(8,44\text{m}^3/\text{d} \times 3000\text{mg/l}) / (1000\text{g/Kg}) = 25,32 \text{ KgDBO/d}$$

- Cálculo do Equivalente Populacional:

$$(25,32 \text{ KgDBO/d}) / (0,054 \text{ KgDBO/Hab/d}) = 469 \text{ hab}$$

- Cálculo da Vazão:

$$469 \text{ hab.} \times 160 \text{ l/Hab./d} = 75,040 \text{ l/d} = 75,04 \text{ m}^3/\text{d} \therefore 75\text{m}^3/\text{d}$$

- Cálculo da Carga Total (corrigida):

$$(75 \times 350) / 1000 = 26,25 \text{ KgDBO/d}$$

1º- LAGOA ANAERÓBIA

a) Adoção da taxa de aplicação volumétrica (LV)

$$LV = 0,1 \text{ a } 0,3 \text{ KgDBO/m}^3/\text{d} \therefore LV \text{ adotado} = 0,1 \text{ KgDBO/m}^3/\text{d}$$

b) Determinação do Volume da Lagoa:

$$V = \frac{L}{LV} \therefore V = \frac{26,25}{0,1} = 263\text{m}^3$$

c) Adoção da Altura H (entre 4m a 5m):

$$H = 4$$

d) Tempo de Detenção Hidráulica (TDH):

TDH adotado = 5 dias

e) Determinação da Área (m²):

$$V = A \times H$$

$$A = \frac{263}{4} = 65,75m^2 \therefore 66m^2$$

f) Geometria da lagoa

$$66m^2 = 2B^2$$

$$B = 8,20m$$

$$L = 8,20m$$

g) Cálculo DBO efluente a lagoa

$$S = 350 / (1 + 0,72 \times 5)$$

$$K = 0,3 \times 1,05^{(23-22)}$$

$$S = 97,22 \text{ mg/l}$$

$$K_{22} = 0,72 \text{ d}^{-1}$$

h) Cálculo de S Total

$$S_{\text{Total}} = 97,22 + 35 = 132,22 \text{ mg/l}$$

i) Eficiência do tratamento

$$E = S_o - \frac{S}{S_o} = \frac{350 - 132,22}{350} \times 100 = 62\%$$

j) Concentração DBO efluente

$$S = S_0 - \left(\frac{E \times S_0}{100} \right) \therefore S = 350 - \frac{62 \times 350}{100} = 133 \text{ mg/l}$$

l) Cálculo do Acúmulo de Lodo:

$$\text{Ano} = 0,05 \text{ m}^3/\text{AnoHab.}$$

$$\text{AL} = 0,05 \times 469 \text{ Hab.}$$

$$\text{Al} = 23,45 \text{ m}^3/\text{ano}$$

m) Cálculo da Espessura do Lodo:

$$e_{\text{ANUAL}} = \frac{23,45}{66 \times 4} = 0,088$$

$$e_{\text{ANUAL}} = 8,8 \text{ cm/Ano}$$

Estabelecendo Tempo de Limpeza de 10 Anos

$$H_{\text{Lodo Acum.}} = 8,8 \text{ cm/Ano} \times 10 \text{ Anos}$$

$$H_{\text{Lodo Acum.}} = 0,88 \text{ m}$$

2ª - LAGOA FACULTATIVA

Cálculo da Carga efluente da Lagoa:

$$L = (133 \text{ mg/l} \times 75) / 1000$$

$$L = 9,97 \text{ KgDBO/d}$$

b) Adoção de Ls (entre 120 a 240) KgDBO 5/d:

160 KgDBO/Hab.

c) Determinação da Área (m²):

$$V = A \times H$$

$$A = \frac{9,97}{160} = 0,062ha$$

$$A = 620 \text{ m}^2$$

d) Cálculo do Volume da Lagoa:

$$V = A \times H$$

$$V = 620 \times 2$$

$$V = 930 \text{ m}^3$$

e) Cálculo do tempo de Detenção Hidráulica (TDH):

$$T = 1240\text{m}^3 / 75\text{m}^3/\text{d}$$

$$T = 16,53 \text{ d}$$

f) Cálculo do Valor de K

$$K_{22} = 0,3 \times 1,05^{(23-22)}$$

$$K_{22} = 0,315 \text{ d}^{-1}$$

g) Cálculo da DBO Efluente:

$$S = 133 / (1 + (0,315 \times 16,53))$$

$$S = 21,43 \text{ mg/l}$$

h) Considerando 100 mg/l

$$DBO_{S \text{ PART}} = 35 \text{ mg/l}$$

$$DBO_T = 21,43 + 35$$

$$DBO_T = 56,43 \text{ MG/l}$$

i) Cálculo da Eficiência

$$E = S_o - \frac{S}{S_o} = \frac{350 - 56,43}{350} \times 100 = 83\%$$

j) Dimensionamento para fluxo em Pistão $L = 2B$

$$A = L \times B$$

$$A = 2B \times B$$

$$A = 2B^2$$

$$V = A \times H$$

$$1240 = 2B^2$$

$$B = 28\text{m}$$

$$L = 45\text{m}$$

l) Cálculo do Acúmulo de Lodo:

$$\text{Ano} = 0,05\text{m}^3/\text{AnoHab.}$$

$$AL = 0,05 \times 469 \text{ Hab.}$$

$$AI = 23,45 \text{ m}^3/\text{ano}$$

m) Cálculo da Espessura do Lodo:

$$e_{\text{ANUAL}} = \frac{23,45}{930} = 0,00252$$

$$e_{\text{ANUAL}} = 0,025 \text{ cm/Ano}$$

Estabelecendo Tempo de Limpeza de 10 Anos

$$H_{\text{Lodo Acum.}} = 0,0245 \text{ cm/Ano} \times 10 \text{ Anos}$$

$$H_{\text{Lodo Acum.}} = 0,25 \text{ m}$$

8.1 Impermeabilização

A impermeabilização será feita com uma geomembrana de PEAD (Polietileno de Alta Densidade), lisa de dois mm de espessura, ela serão instaladas nas lagoas de estabilização, e no solo de cada platô onde receberão os resíduos, para não correr risco de percorrer até o lençol freático. Após sua instalação ela deveser ser coberta com terra para não ter perigo de danificar o material. As geomembranas são conhecidas por sua baixíssima permeabilidade (cerca de 10^{-2} cm/s) e, por esse motivo, são aplicadas em aterros sanitários. Sendo o PEAD um termoplástico derivado do eteno, a qual é inerte por possuir hidrogênio e carbono em sua estrutura química, o que agrega ao material uma alta resistência ao impacto, inclusive em baixas temperaturas, e boa resistência contra agentes químicos.

9. EDIFICAÇÃO DE APOIO

Em relação a edificações complementares, o aterro contará com uma edificação com múltiplas tarefas, no acesso do aterro sanitário com as dimensões de 7,30 x 12,44m, e nessa mesma edificação, servirá como uma guarita para a segurança do mesmo, e deve ser previsto cozinha, sala de reunião, escritório, cabine de balança e um almoxarife.

Toda extensão do aterro será cercado com cerca viva tipo sansão do campo, somente funcionários do aterro sanitário que terá acesso ao local.

Uma balança para pesagem dos resíduos, localizada na entrada do aterro, próximo à guarita. Ela terá uma dimensão de 10 x 3,20m, com capacidade de pesar até 500 t/d, com a carga máxima de pesagem de 20 toneladas, braço automática com registrador de peso elétrico.

A Prefeitura Municipal de Santana da Vargem se utilizará de um caminhão pipa para o abastecimento de água, para o uso na operação do aterro sanitário. A água para consumo humano será fornecida através de galões de 20l de água mineral.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após análise dos resultados obtidos com o estudo de caso onde se abordou os limites exigidos pelas normas, calculada a população de projeto e quantidade de RSU que serão dispostos no aterro sanitário, à escolha do método de preparo do aterro sanitário, o dimensionamento do primeiro platô para o recebimento dos resíduos, e ainda, após uma discussão acerca da possibilidade de ser construído um aterro sanitário no município de Santana da Vargem, pôde-se concluir que antes de prosseguir com estudos mais aprofundados, deve-se preocupar com questões ambientais que não foram abordados nesse estudo.

Baseando-se nos dados aqui apresentados, que podem ser classificados como iniciais para um tema complexo como o tratado, que envolve além dos aspectos técnicos abordados que não foram exauridos como a legalização que envolve para a implantação de um aterro, também aspectos sociais e econômicos, os resultados foram considerados relevantes para que futuros estudos sejam desenvolvidos a fim de definir, de forma mais segura, a viabilidade da construção de um aterro sanitário no município.

É importante frisar que os procedimentos de operação do aterro sanitário, embora simples, devem ser sistematizados para que sua eficiência seja maximizada, assegurando seu funcionamento como destinação final sanitária e ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos gerados no município, ao longo de toda a sua vida útil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 13896**: aterros de resíduos não perigosos-critérios para projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

_____**NBR 10157**: aterros de resíduos perigosos-critérios para projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1987.

_____**NBR 8419**: apresentação de projetos de aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, 1992.

_____**NBR 10004**: resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL, **Lei 12/305/2010. Política Nacional dos Resíduos Sólidos**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/112305.htm acesso Agosto de 2014.

BRASIL, **Manual do Ministério da Saúde**. Disponível em: **Condição de Vida**. http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf > Acesso em agosto de 2014.

CETESB, Aterro Sanitário, **Definição**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/mudancas-climaticas/biogas/Aterro%20Sanit%C3%A1rio/21-Aterro%20Sanit%C3%A1rio>> acesso em outubro de 2014.

ESSENCIS, Aterro Sanitário **Classe I e II**. Disponível em: <http://www.essencis.com.br/tratamento-e-destinacao-de-residuos/aterro-classe-i-e-ii>> acesso em outubro de 2014.

FNS-**Manual de Saneamento-Ministério da Saúde**, Brasília COEDE, p.203, 1999.
GEOMEMBRANA, **Aterro Sanitário**. Disponível em: http://www.maccaferri.com.br/nqcontent.cfm?a_id=16205&tt=om_www > acesso em outubro de 2014.

Geotech Geotecnia Ambiental Consultoria e Projetos. Disponível em:

<<http://www.geotech.srv.br/> acesso em Dezembro de 2014

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE **População
Condição de Vida**. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoedevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf> Acesso em agosto de 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE **População
Santana da Vargem**. Disponível em:

<http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=315830&search=mi-nas-gerais%7Csantana-da-vargem%7Cinfograficos:-dados-gerais-do-municipio> Acesso em outubro de 2014.

LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO, Processo de Tratamento. Disponível em:

<[http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=29&sid=34&tpl=printer view](http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=29&sid=34&tpl=printer_view)> acesso em Maio de 2015.

LERIPIO, A.A. Gerenciamento de resíduos. Disponível em

<<http://www.eps.ufsc.br/~lgqa/Coferecidos.html>> Acesso em novembro de 2014.

LIMA, Luiz Mario Queiroz, **Lixo Tratamento e Biorremediação**, HEMUS, pgs. 30 a 64 – Rio de Janeiro, 2004.

LUZ, F. X. R., “Aterro Sanitário, característica, limitações, tecnologia para a implantação e a operação”, v CETESB, SP, 1981.

MADEIRA, João Lira, SIMÕES, Celso Cardoso da Silva. Estimativas preliminares da população urbana e rural segundo as unidades da federação, de 1960/1980 por uma nova metodologia. Revista Brasileira de Estatística, v.33, n.129, p.3-11, jan./mar. 1972.

Métodos de Estimativa Crescimento Populacional, S. R. Quasim, “Wastewater treatment plants: planning, design, and operation”, CBS College Publishing, Estados Unidos, 1985.

Método Construtivo do aterro. Disponível em:

< http://www.resol.com.br/cartilha/tratamento_metodo.php> acesso em outubro de 2014.

PLANETA SUSTENTAVEL, Destinação, para onde vai o **LIXO?**

Disponível em:

<<http://planetasustentavel.abril.com.br/pops/brasil-produz-toneladas-diaria-lixo.shtml>> acesso em setembro de 2014.

RECICLAGEM, O que é **Reciclagem**. Disponível em:

<<http://www.recicla.ccb.ufsc.br/o-que-e-reciclagem/>> acesso em agosto de 2014.

RESIDUOS, Disponível em:

<http://www.vivaterra.org.br/vivaterra_lixao.htm> acesso em agosto de 2014.

SCHALCH, V. Estratégias para a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos. Livre docência. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2002.

SELETIVA, Os **Números da Reciclagem** no Brasil. Disponível em:

< <http://revistaepoca.globo.com/Sociedade/o-caminho-do-lixo/noticia/2012/01/os-numeros-da-reciclagem-no-brasil.html>> acesso em outubro de 2014.

APÊNDICES