



**CENTRO UNIVERSITÁRIO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS  
UNIPAC BARBACENA  
ENGENHARIA CIVIL**

**EDIMAR PEREIRA SILVA  
HUMBERTO CUNHA CANTARUTTI**

**DO LIXÃO AO ATERRO SANITÁRIO: DESAFIOS EXISTENTES**

**BARBACENA  
2020**

**EDIMAR PEREIRA SILVA**  
**HUMBERTO CUNHA CANTARUTTI**

**DO LIXÃO AO ATERRO SANITÁRIO: DESAFIOS EXISTENTES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos de Barbacena como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Dra. Suymara Toledo Miranda.

**BARBACENA**  
**2020**

## RESUMO

Um dos maiores problemas que aflige as administrações municipais no Brasil é a destinação dos rejeitos gerados nas mais diversas atividades humanas. Esses resíduos quando eliminados inadequadamente traduzem-se em poluição, contaminação e, sobretudo, no desperdício de recursos naturais, como o ar, os mananciais e o solo. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo aprofundar o conhecimento técnico acerca dos locais utilizados para disposição final de resíduos sólidos residenciais, como também, exemplificar a partir do Plano municipal de saneamento básico de Barbacena-MG, o gerenciamento dos resíduos sólidos no município. Como resultado, tem-se uma revisão bibliográfica, mostrando as informações dos três tipos de locais utilizados no Brasil para depósito final de resíduos sólidos e os desafios existentes na implantação e controle de um aterro sanitário dentro nas especificações exigidas. Desta forma pode-se ver como ainda é difícil no Brasil para os municípios implantarem as medidas de gestão de resíduos.

**Palavras chave:** Resíduos sólidos urbanos. Aterro sanitário. Lixões.

## **ABSTRACT**

One of the biggest problems that afflict municipal administrations in Brazil is the destination of the tailings generated in the most diverse human activities. These residues, when improperly disposed, result in pollution, contamination and, above all, in the waste of natural resources, such as air, water sources and soil. In this context, the present study aimed to deepen the technical knowledge about the places used for the final disposal of residential solid waste, as well as exemplifying, from the municipal basic sanitation plan of Barbacena-MG, the management of solid waste in the municipality. As a result, there is a bibliographic review, showing information on the three types of sites used in Brazil for final deposit of solid waste and the challenges that exist in the implementation and control of a landfill within the required specifications. In this way, it can be seen how difficult it is in Brazil for municipalities to implement waste management measures.

**Keywords:** Municipal solid waste. Landfill site. Dumps.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: Evolução da população residente no país .....	11
FIGURA 2: Estimativa da população residente no país .....	11
FIGURA 3: Disposição final de RSU, por tipo de destinação (t/dia) .....	13
FIGURA 4: Cartograma – Municípios, segundo a destinação final dos resíduos sólidos domiciliares e/ou públicos. Brasil (2008) .....	13
FIGURA 5: Principais elementos constituintes de um aterro sanitário .....	16
FIGURA 6: Método da rampa.....	17
FIGURA 7: Método da área.....	17
FIGURA 8: Método da trincheira .....	18
FIGURA 9: Elementos de drenagem.....	20
FIGURA 10: Desenho esquemático de execução dos drenos .....	21
FIGURA 11: Elementos de drenagem pluvial em um aterro sanitário .....	23
QUADRO 1: Pesagem diária de veículos.....	24
QUADRO 2: Critérios de implantação de aterro.....	27
QUADRO 3: Critérios econômicos para de implantação do aterro.....	28
QUADRO 4: Critérios político-social.....	29
FIGURA 12: Localização da microrregião do município de Barbacena.....	32
FIGURA 13: Localização do lixão na BR 265.....	35
FIGURA 14: Localização do lixão em Pinheiro Grosso .....	36

## LISTA DE ABREVIATURAS

cm – Centímetro  
D. – Dom  
Ed. – Edição  
h – Hora  
Hab. – Habitante  
Kg – Quilograma  
Km – Quilômetro  
L – Litro  
m – Metro  
mm – Milímetro  
Nº – Número  
p. – Pagina  
Pe. – Padre  
Pop. – População  
Prof. – Professor  
Set. – Setembro  
Ton. – Tonelada  
°C – Graus Celsius

## LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
AMMM - Associação de Municípios da Microrregião da Mantiqueira  
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social  
CGSP – Companhia de Gás de São Paulo  
COMANA – Conselho Nacional de Meio Ambiente  
CTR – Central de Tratamento de Resíduos  
EPCAR – Escola Preparatória de Cadetes do Ar  
FAB – Força Aérea Brasileira  
FAME – Faculdade de Medicina de Barbacena  
IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
ICMS – Imposto sobre circulação de mercadoria  
IDH – Índice de Desenvolvimento Humano  
IESA – Instituto de Estudos Socioambientais  
IPEA – Instituto de Pesquisa Aplicada  
IPTU – Imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana  
MP – Ministério Público  
NB – Norma Brasileira  
NBR – Norma Brasileira Regulamentadora  
NR – Norma Regulamentadora  
PEAD – Polietileno de Alta Densidade  
PGIRS – Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos  
PIB – Produto Interno Bruto  
PLANARES – Política Nacional de Resíduos Sólidos  
PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico  
PPP – Parceria Público Privada  
PRAD – Plano de Recuperação para Áreas Degradadas  
QDO – Demanda Química de Oxigênio  
RSU - Resíduo Sólido Urbano  
UFV – Universidade Federal de Viçosa  
UTRSU – Unidade de Tratamento de Resíduos Urbanos

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>09</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>Contexto histórico.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2</b>	<b>Tipos de disposição final dos resíduos sólidos encontradas no Brasil</b>	<b>13</b>
<b>2.2.1</b>	<b><i>Lixão.....</i></b>	<b>13</b>
<b>2.2.2</b>	<b><i>Aterro Controlado .....</i></b>	<b>13</b>
<b>2.2.3</b>	<b><i>Aterro Sanitário .....</i></b>	<b>14</b>
<b>2.2.3.1</b>	<b><i>Tipos de aterros sanitários .....</i></b>	<b>15</b>
<b>2.3</b>	<b>Componentes de um aterro sanitário.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.1</b>	<b><i>Sistemas de controle da estabilidade do maciço.....</i></b>	<b>17</b>
<b>2.3.2</b>	<b><i>Impermeabilização de fundo ou de base .....</i></b>	<b>17</b>
<b>2.3.3</b>	<b><i>Fechamentos diários das células com material impermeável (argila) – lacre de células, após espalhamento e compactação do lixo .....</i></b>	<b>18</b>
<b>2.3.4</b>	<b><i>Sistema de drenagem do chorume.....</i></b>	<b>18</b>
<b>2.3.5</b>	<b><i>Tratamento do chorume .....</i></b>	<b>19</b>
<b>2.3.6</b>	<b><i>Sistemas de drenagem de gases.....</i></b>	<b>20</b>
<b>2.3.7</b>	<b><i>Tratamento e/ou reutilização energética dos gases .....</i></b>	<b>20</b>
<b>2.3.8</b>	<b><i>Sistemas de drenagem ou afastamento das águas pluviais .....</i></b>	<b>21</b>
<b>2.3.9</b>	<b><i>Cercamento do aterro.....</i></b>	<b>22</b>
<b>2.3.10</b>	<b><i>Pesagem dos caminhões para planejamento e controle nos aterros ...</i></b>	<b>22</b>
<b>2.3.11</b>	<b><i>Monitoramento do lençol freático para detecção de contaminação da água por eventuais vazamentos de chorume .....</i></b>	<b>23</b>
<b>2.3.12</b>	<b><i>Monitoramento do ruído dentro e no entorno do aterro .....</i></b>	<b>24</b>
<b>2.3.13</b>	<b><i>Aspersão de água nas vias de trânsito de caminhões compactadores e demais veículos no aterro .....</i></b>	<b>24</b>
<b>2.3.14</b>	<b><i>Monitoramento da qualidade do ar dentro e no entorno do aterro .....</i></b>	<b>25</b>
<b>2.3.15</b>	<b><i>Plano de acompanhamento da saúde do trabalhador .....</i></b>	<b>25</b>
<b>2.4</b>	<b>Estudo da viabilidade .....</b>	<b>25</b>
<b>2.4.1</b>	<b><i>Estudos para a viabilização de novas áreas para implantação do aterro sanitário.....</i></b>	<b>26</b>
<b>2.5</b>	<b>Legislação vigente sobre aterros e lixões no Brasil.....</b>	<b>28</b>

<b>3</b>	<b>REGIÃO DE BARBACENA .....</b>	<b>30</b>
<b>3.1</b>	<b>Caracterização da região .....</b>	<b>30</b>
<b>3.1.1</b>	<b><i>Geografia e Clima.....</i></b>	<b>30</b>
<b>3.1.2</b>	<b><i>Economia e População.....</i></b>	<b>31</b>
<b>3.2</b>	<b>Análise da gestão dos resíduos sólidos .....</b>	<b>32</b>
<b>3.2.1</b>	<b><i>Caracterização do resíduo de Barbacena.....</i></b>	<b>32</b>
<b>3.2.2</b>	<b><i>Cenário do gerenciamento dos RS de Barbacena.....</i></b>	<b>32</b>
<b>3.2.2.1</b>	<b><i>Lixão.....</i></b>	<b>34</b>
<b>3.2.2.2</b>	<b><i>Implantação Aterro Sanitário no Município de Barbacena.....</i></b>	<b>35</b>
<b>3.2.2.3</b>	<b><i>Sustentabilidade do sistema .....</i></b>	<b>36</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>37</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas que aflige as administrações municipais no Brasil é a destinação dos rejeitos gerados nas mais diversas atividades humanas. Esses resíduos, que podem ser sólidos ou semissólidos, quando eliminados inadequadamente, traduzem-se em poluição, contaminação e, sobretudo, no desperdício de recursos naturais, como o ar, os mananciais e o solo.

A problemática resultante da geração dos Resíduos Sólidos Urbanos – RSU, aqueles gerados no ambiente municipal, é cada vez mais preocupante devido ao grande crescimento populacional e ao desenvolvimento tecnológico das últimas décadas, o que levou ao aumento do consumo de bens e, conseqüentemente, da geração de lixo.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo aprofundar o conhecimento técnico acerca dos locais utilizados para disposição final de resíduos sólidos residenciais, como também, exemplificar a partir do Plano municipal de saneamento básico de Barbacena-MG, evidenciando gerenciamento dos resíduos sólidos no município.

A destinação adequada dos resíduos, objeto de estudo nessa referência bibliográfica, tem se tornado um desafio, principalmente para as cidades de pequeno e médio porte, devido à carência de recursos humanos qualificados, tecnológicos e financeiros. O município de Barbacena, situado no estado de Minas Gerais, utilizado como exemplo nesse trabalho, se enquadra nos municípios de médio porte que se limita à varrição de capina dos logradouros e coleta diária do lixo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Contexto Histórico

O índice populacional do Brasil conforme mostrado na FIG. 1 cresceu cerca 20 vezes de 1872 até 2010, CENSO/2010 feito pelo Instituto Brasileiro de geografia e estatística (IBGE). Em 2020 terá um novo censo, e enquanto não é feito, a estimativa populacional no Brasil é de 211.755.692, conforme FIG.2 abaixo, mostrando um crescimento no índice populacional de 21,4 vezes (IBGE, 2020).

Figura 1-Evolução da população residente no país



Fonte: IBGE, 2010

Figura 2- Estimativa da população residente no país

ESTIMATIVAS DA POPULAÇÃO RESIDENTE NO BRASIL E UNIDADES DA FEDERAÇÃO COM DATA DE REFERÊNCIA EM 1º DE JULHO DE 2020	
BRASIL E UNIDADES DA FEDERAÇÃO	
Brasil	211.755.692
<b>Região Norte</b>	<b>18.672.691</b>
Rondônia	1.796.460
Acre	894.470
Amazonas	4.207.714
Roraima	631.181
Pará	8.680.745
Amapá	861.773
Tocantins	1.590.248
<b>Região Nordeste</b>	<b>57.374.243</b>
Maranhão	7.114.598
Piauí	3.281.480 <sup>(1)</sup>
Ceará	9.187.103 <sup>(1)</sup>
Rio Grande do Norte	3.534.165
Paraíba	4.030.277
Pernambuco	9.616.621 <sup>(2)</sup>
Alagoas	3.351.543 <sup>(2)</sup>
Sergipe	2.318.822 <sup>(3)</sup>
Bahia	14.930.634 <sup>(3)</sup>
<b>Região Sudeste</b>	<b>89.012.240</b>
Minas Gerais	21.292.666
Espírito Santo	4.064.052
Rio de Janeiro	17.368.189
São Paulo	46.289.333
<b>Região Sul</b>	<b>30.192.318</b>
Paraná	11.516.840
Santa Catarina	7.252.502
Rio Grande do Sul	11.422.973
<b>Região Centro-Oeste</b>	<b>16.804.309</b>
Mato Grosso do Sul	2.809.394
Mato Grosso	3.528.220
Goiás	7.113.540 <sup>(4)</sup>
Distrito Federal	3.055.149 <sup>(4)</sup>

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas - DPE - Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS.

Notas:

(1) Diferença de 783 pessoas entre os Estados do Piauí e Ceará com relação a Projeção da População para o Brasil e Unidades da Federação 2020, para o ano de 2020, em virtude de alteração de limites entre municípios na fronteira interestadual.

(2) Diferença de 451 pessoas entre os Estados de Alagoas e Pernambuco com relação a Projeção da População para o Brasil e Unidades da Federação 2020, para o ano de 2020, em virtude de alteração de limites entre municípios na fronteira interestadual.

(3) Diferença de 210 pessoas entre os Estados de Sergipe e Bahia com relação a Projeção da População para o Brasil e Unidades da Federação 2020, para o ano de 2020, em virtude de alteração de limites entre municípios na fronteira interestadual.

(4) Diferença de 2.603 pessoas entre o Estado de Goiás e o Distrito Federal com relação a Projeção da População para o Brasil e Unidades da Federação 2020, para o ano de 2020, em virtude de alteração de limites entre municípios na fronteira interestadual.

Fonte: IBGE, 2020

Diretamente relacionado ao crescimento demográfico, tem-se o aumento da poluição em geral, e logicamente aumento dos resíduos sólidos gerados. A Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, Lei nº12.305, de 02 de agosto de 2010, artigo terceiro, define resíduo sólido como(BRASIL, 2010, p.03):

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

Além de definir, a Lei nº 12.305/2010 classifica esses resíduos sólidos urbanos (RSU) pelo local onde são produzidos, podendo ser por atividades residenciais, comerciais e de limpeza pública. (BRASIL, 2010).

a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;

b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;

c) resíduos sólidos urbanos: os resíduos domiciliares e de limpeza urbana;

De acordo com levantamento feito pelo IBGE em 2010(Tabela 1) pode-se ver a evolução do cenário da disposição final dos resíduos sólidos no Brasil, que apesar da melhora, como já dito, não acompanhou o crescimento populacional (IBGE, 2010).

Tabela 1- Destino final dos resíduos sólidos, por unidades de destino dos resíduos.

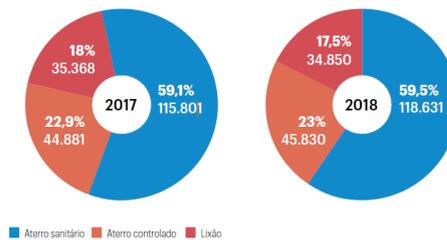
Brasil (1989/2008)

Ano	Destino final dos resíduos sólidos, por unidade de destino dos resíduos (%)		
	Vazadouro a céu aberto	Aterro controlado	Aterro sanitário
1989	88,2	9,6	1,1
2000	72,3	22,3	17,3
2008	50,8	22,5	27,7

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, 2010.

De acordo a FIG. 3, retirado do Panorama Abrelpe, relatório sobre resíduos sólidos de âmbito nacional com números atualizados anualmente, em 2018 a destinação dos resíduos para aterros sanitários representou 59,5%, enquanto para vazadouro e aterro controlado foram respectivamente 23% e 17,5%. Pode-se notar desta forma uma grande melhora em relação ao ano de 2008. (ABRELPE, 2018)

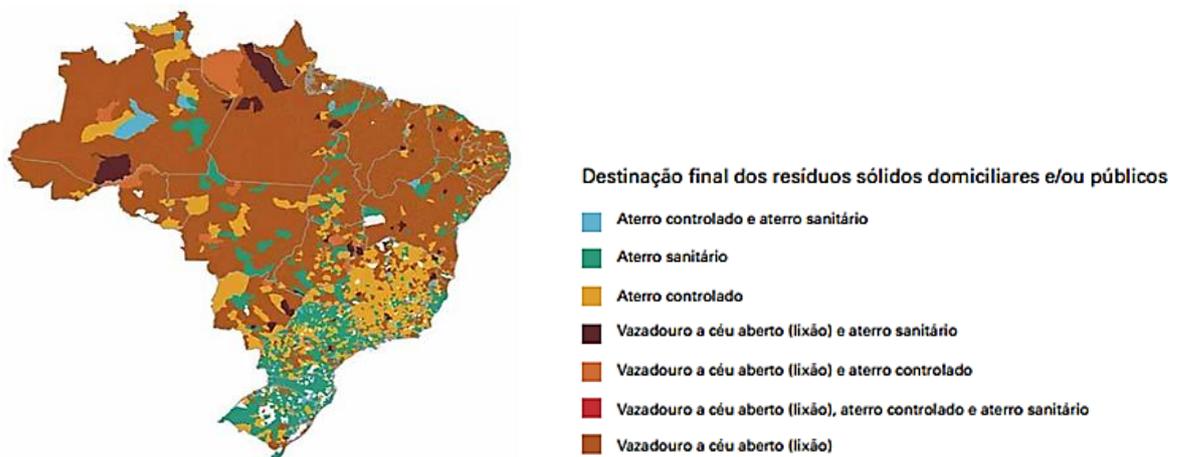
Figura 3 - Disposição final de RSU, por tipo de destinação (toneladas/dia)



Fonte: Panorama Abrelpe, 2018/2019

O maior desafio dos municípios é dar um destino sanitariamente e ambientalmente adequado aos resíduos urbanos diante de um orçamento restrito, observa-se uma maior presença de lixões em regiões mais pobres do país, como mostra o cartograma (FIG. 4). (IBGE, 2008)

Figura 4 - Cartograma – Municípios, segundo a destinação final dos resíduos sólidos domiciliares e/ou públicos. Brasil (2008)



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2008.

## **2.2 Tipos de disposição final dos resíduos sólidos encontradas no Brasil**

Basicamente, existem três categorias, os vazadouros a céu aberto, conhecido popularmente como lixão, os aterros controlados e os aterros sanitários.

### **2.2.1 Lixão**

A disposição dos RSU a céu aberto é conhecida como lixão. Este, não possui nenhum controle ou medidas de proteção social e ambiental. O resíduo é colocado diretamente sobre o solo, não possui dispositivos de drenagem, possibilitando a infiltração ou escoamento do chorume (líquido com elevado teor de poluição, produzido pela decomposição de matérias orgânicas). O lixo exposto permite a emissão de fortes odores, atração de vetores de doenças, um negativo impacto visual, ideia cultural de associação do lixo a aspectos negativos. O lixão se torna um problema devido à disposição inadequada, a obrigatoriedade de cuidados com o manuseio e o risco de espalhamento, além do problema social relacionado aos catadores, que sobrevivem com a renda gerada dos materiais recolhidos nestes locais (PEREIRA, 2013).

### **2.2.2 Aterro Controlado**

Segundo a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) Norma Brasileira (NBR) 8849/85 um aterro controlado é uma:

Técnica de disposição de RS urbanos no solo, sem causar danos ou riscos a saúde pública e a sua segurança minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos cobrindo-os com uma camada de terra ou material inerte da conclusão de cada jornada de trabalho. (ABNT NBR 8849/85, p.2).

Esta forma de disposição comparada ao lixão é melhor, pois seus danos ambientais são locais. Esta definição de aterro controlado de 1985 encontra-se desatualizada, aterros controlados podem causar danos à saúde pública por não apresentarem controles precisos referentes à emissão de gases, monitoramento do chorume por inexistência de camada impermeável de base, ausência de controles da estabilidade do maciço (GOUVEIA, 2020).

### 2.2.3 Aterro Sanitário

Segundo a norma da ABNT NBR 8419/96 um aterro sanitário é:

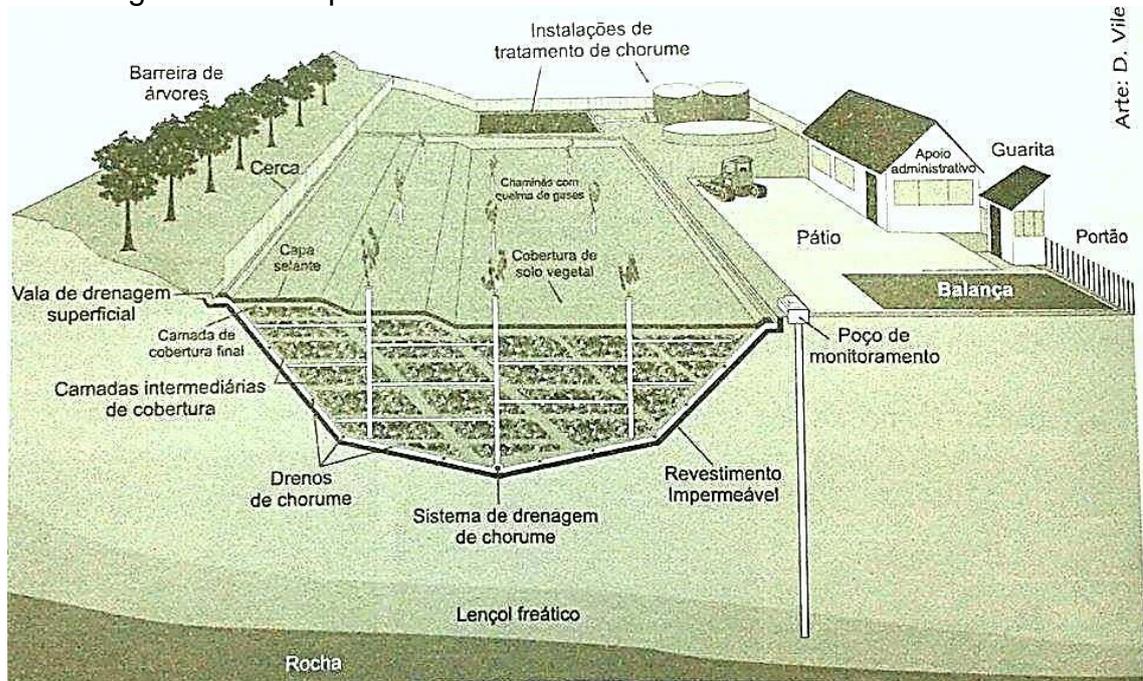
Uma técnica de disposição de RS urbanos no solo, sem causar danos a saúde e a sua segurança, minimizando impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os RS a menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se for necessário." (ABNT NBR 8419/96,p.3).

Os elementos constituintes de um aterro sanitário que não se encontram no aterro controlado, são segundo Silveira (2015):

- a) Sistemas de controle da estabilidade mecânica do maciço;
- b) Impermeabilização de fundo ou de base;
- c) Fechamento diário das células com material impermeável (argila) – lacre de células, após espalhamento e compactação do lixo;
- d) Sistema de drenagem do chorume;
- e) Tratamento do chorume;
- f) Sistema de drenagem de gases;
- g) Tratamento e/ou reutilização energética dos gases;
- h) Sistema de drenagem ou afastamento das águas pluviais;
- i) Cercamento do aterro – acesso restrito;
- j) Cercamento com cercas-vivas para controle de ruído (dispersão) e retenção de partículas;
- k) Pesagem dos caminhões para planejamento da frente de aterramento, estimativa de vida útil do aterro e pagamento pelos serviços de disposição final;
- l) Monitoramento do lençol freático para detecção de contaminação da água por eventuais vazamentos de chorume;
- m) Monitoramento do nível de ruído dentro e no entorno do aterro;
- n) Aspersão de água nas vias de trânsito de caminhões compactadores e demais veículos no aterro para redução da emissão de particulados na atmosfera;
- o) Monitoramento da qualidade do ar dentro e no entorno do aterro; e
- p) Plano de acompanhamento da saúde do trabalhador.

A FIG.5 apresenta os principais elementos constituintes de um aterro sanitário.

Figura 5 - Principais elementos constituintes de um aterro sanitário



Fonte: Matsufuji, 1994 (adaptado)

### 2.2.3.1 Tipos de aterros sanitários

Existem quatro tipos de aterros sanitários segundo o metabolismo dos microrganismos: digestão anaeróbica; digestão aeróbica; digestão semi-aeróbia e tratamento biológico. No primeiro caso, os resíduos são depositados em superfícies planas e preenchidos com água até atingir uma condição anaeróbia (ausência de ar). Já no segundo, na digestão aeróbia, são colocados tubos para entrada de ar, acelerando o processo de decomposição, sendo este mais vantajoso, porém com o custo mais elevado. A digestão semi-aeróbia, ao contrário da digestão aeróbia, não possui sistema forçado para entrada de ar, mas sim são colocados tubos perfurados onde o fluxo de ar é induzido de forma natural, esse método elimina o alto custo e consegue resultados de decomposição do lixo semelhante ao aeróbio. No tratamento biológico, são utilizados microrganismos específicos desenvolvidos em reatores para transformar o resíduo orgânico em líquido e gases, e a parte inerte é separada podendo ser reciclada (SILVEIRA 2015).

Os aterros também são diferenciados pelas formas construtivas e operacionais aplicadas. Para aterros construídos acima do nível original do terreno têm-se dois

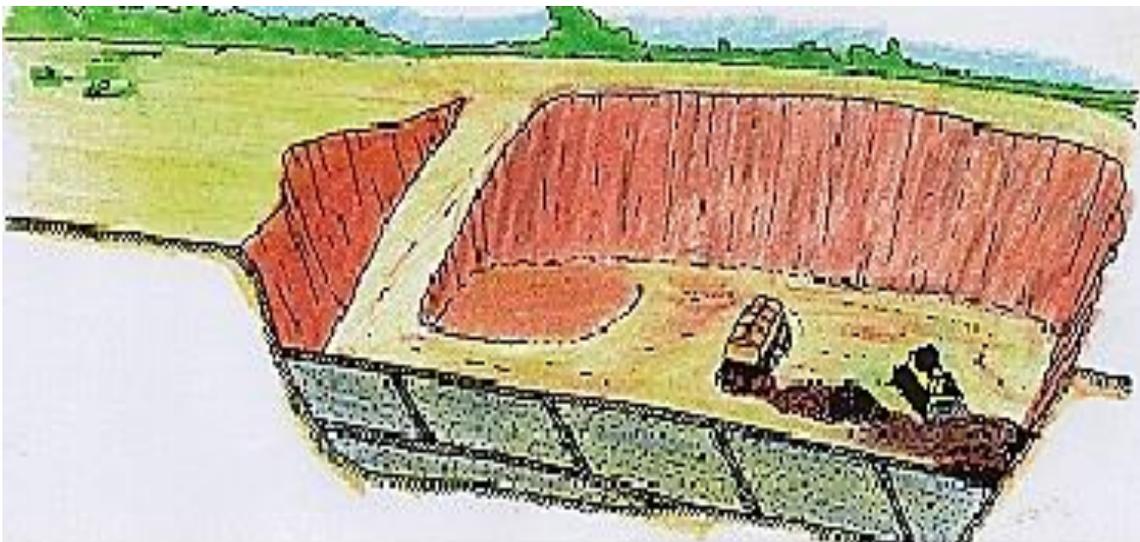
métodos: Método da rampa (FIG.6), método da área (FIG.7); e para aterros construídos abaixo do nível do terreno: método das trincheiras (FIG.8) (SILVEIRA 2015).

Figura6 - Método da rampa



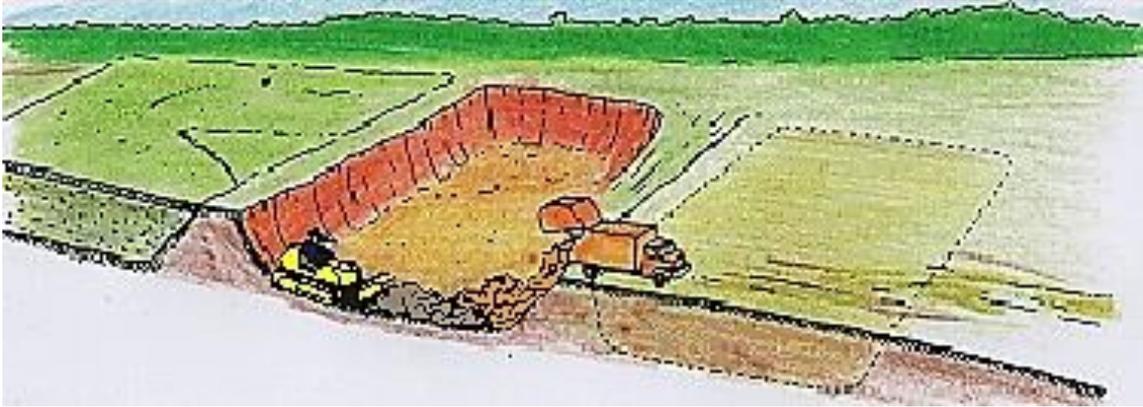
Fonte: Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2012

Figura 7- Método da área



Fonte: UNESP, 2012

Figura 8 - Método da trincheira



Fonte: UNESP, 2012

## **2.3 Componentes de um aterro sanitário**

Para um bom desempenho e a garantia da qualidade e da eficiência dos aterros sanitários, é necessária a execução de alguns componentes primordiais de um projeto.

### **2.3.1 *Sistemas de controle da estabilidade do maciço***

A análise da estabilidade dos maciços de terra da fundação e da massa de lixo disposta no aterro deve ser efetuada a partir de parâmetros específicos e utilizando-se de métodos de análise adequados ao tipo e às condições do local em consideração. Esta análise requer conhecimento de uma série de critérios operacionais e geotécnicos, como por exemplo: altura das camadas dos RS, compactação, inclinação das rampas de aterragem, composição dos RS, configuração do sistema de drenagem superficial, tipo de material usado nas camadas, estudo da compressibilidade do solo de fundação, entre outros. Com este estudo bem feito e análise geotécnica, será garantido à segurança e estabilidade do maciço (CEMPRE, 2018).

### **2.3.2 *Impermeabilização de fundo ou de base***

A camada de impermeabilização de base deve garantir a segura separação da disposição de resíduos do subsolo, impedindo a contaminação do lençol freático e do meio natural através de infiltrações de percolados e/ou substâncias tóxicas. Para desempenhar essa função de maneira eficiente, a camada de impermeabilização de materiais deve compor-se de solo argiloso de baixa permeabilidade ou geomembrana

sintética de polietileno de alta densidade (PEAD) com espessuras adequadas (CEMPRE, 2018).

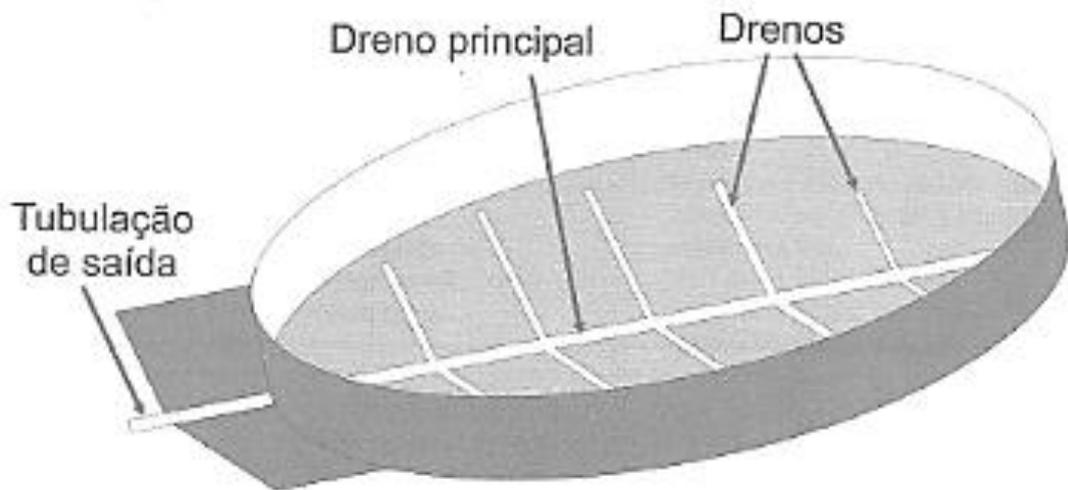
### ***2.3.3 Fechamentos diários das células com material impermeável (argila) – lacre de células, após espalhamento e compactação do lixo***

O fechamento diário das células com material impermeável tem a função de proteger a superfície das células de lixo, eliminar a proliferação de vetores, extinguirem o espalhamento do lixo, diminuir o mau cheiro, impedirem o ato de catação de lixo, diminuir a quantidade de formação de percolados, eliminarem a queima de resíduos e a saída sem controle de biogás e o principal, impedirem a entrada de líquido no interior do corpo do aterro. O fechamento diário tem a espessura na faixa de 15 a 20 cm de solo. Além do fechamento diário, tem-se também a cobertura final, no qual é recomendado o uso de gramíneas, evitando-se assim árvores de raízes profundas que possam danificar as células. O uso da camada de vegetação aumenta a evapotranspiração, diminuindo a quantidade de chuva que se infiltra, reduzindo assim a quantidade de percolado gerado no aterro, garantindo ao solo maior estabilidade contra erosões. O sistema de cobertura deve ser projetado de forma a atender a utilização futura do aterro, ou seja, seu uso após o fechamento (CEMPRE, 2018).

### ***2.3.4 Sistema de drenagem do chorume***

O sistema de drenagem do líquido percolado deve coletar e conduzir todo o líquido através de drenos horizontais internos com declividade de 2% preenchidos com brita, direcionando-os a um sistema de tratamento de chorume. Estes drenos internos geralmente são construídos seguindo um modelo similar a uma escama de peixe, conforme ilustra FIG.9. A drenagem do líquido percolado minimiza o potencial de contaminação do subsolo, assim como reduz as pressões internas na massa de lixo (BARROS, 2012).

Figura 9 - Elementos de drenagem



Fonte: Barros, 2012

O material utilizado na construção do dreno deve ser resistente ao resíduo e ao chorume. Um dos maiores desafios nos sistemas de drenagem é a obstrução provocada por sedimentação, crescimento biológico, precipitação química e bioquímica, rompimento de tubos e deterioração dos materiais (HAMADA, 2009). Por isto deve ser previsto em projeto o acesso às tubulações para devida manutenção.

### **2.3.5 Tratamento do chorume**

Para se determinar o tipo de tratamento e o grau de eficiência desejado do chorume, é preciso considerar suas características de acordo com a concentração dos compostos orgânicos e inorgânicos, como a presença de substâncias perigosas, as alternativas do efluente tratado, os estudos de trabalhabilidade e de alternativas tecnológicas, as necessidades operacionais e os custos de implantação e operação (BARROS, 2012).

Existem vários tipos de tratamento do chorume, dentre eles, tem-se a sua reintrodução na massa de resíduos. Outra opção é o tratamento em lagoas de estabilização, que se dá pela biodegradação da matéria orgânica contida no chorume através da ação de bactérias aeróbias e anaeróbias com grande eficiência de tratamento. Pode-se citar também o tratamento por ataques químicos, que está relacionado à produção de açúcar, álcool e etanol, sendo utilizado o ácido sulfúrico para decompor os resíduos orgânicos. Entretanto, qualquer que seja a alternativa de

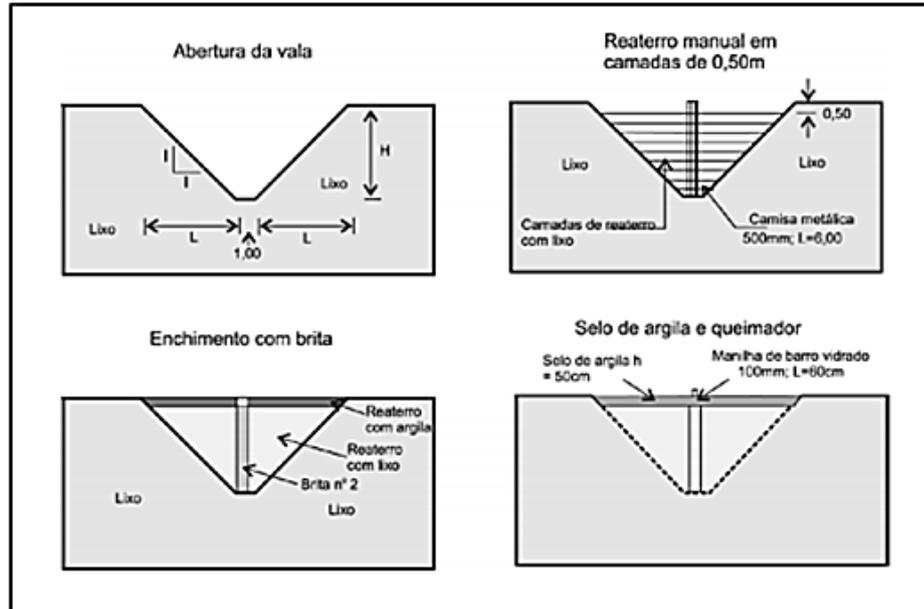
tratamento escolhida, o efluente deve atender aos padrões de lançamento da legislação ambiental (CEMPRE, 2018).

### 2.3.6 Sistemas de drenagem de gases

Os sistemas de drenagem de gases têm a função de drenar estes gases que são gerados a partir da decomposição da matéria orgânica, não possibilitando a sua passagem pelos meios porosos do subsolo, podendo se acumular em redes de fossas, poços e esgotos. São compostos de drenos que atravessam todo o aterro na direção vertical, desde a base impermeabilizada até ao topo da camada de cobertura. O sistema de drenagem de gases deve ser vistoriado permanentemente, de forma a manter os queimadores sempre acesos, principalmente em dias de vento forte (ALMEIDA, 2009).

A FIG.10a seguir retrata como são executados estes drenos:

Figura 10 - Desenho esquemático de execução dos drenos



Fonte: Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, 2001.

### 2.3.7 Tratamento e/ou reutilização energética dos gases

A conversão biológica do lixo com fins energéticos vem sendo pesquisada cada vez mais, uma vez que os resíduos sólidos possuem matéria orgânica. Os métodos biológicos para a produção de combustíveis a partir do lixo baseiam-se no rendimento

da atividade microbiana, principalmente as bactérias anaeróbias, que através do seu metabolismo transformam a matéria orgânica em produtos combustíveis, como o gás metano e hidrogênio (ALMEIDA, 2009).

Os principais problemas encontrados são as dificuldades em se controlar parâmetros como pH, umidade, potencial redox (potencial de oxidação-redução), temperatura, presença de substâncias inibidoras do processo biológico na massa de lixo, entre outros. Todos estes parâmetros influenciam diretamente na capacidade de produção dos gases (ECOLÓGICO, 2014).

Ainda existe muita incerteza quanto à taxa de geração de gases, tempo de produção e volume total que um aterro pode produzir. Existem alguns modelos matemáticos, como o do estudioso Pinto (1984), que possibilita a determinação do volume máximo de metano que se pode obter a partir de uma unidade de peso dos resíduos úmidos, porém desses estudos não se tem dados seguros quanto à produção de gases metanos em sistemas abertos (SILVEIRA, 2012).

### **2.3.8 Sistemas de drenagem ou afastamento das águas pluviais**

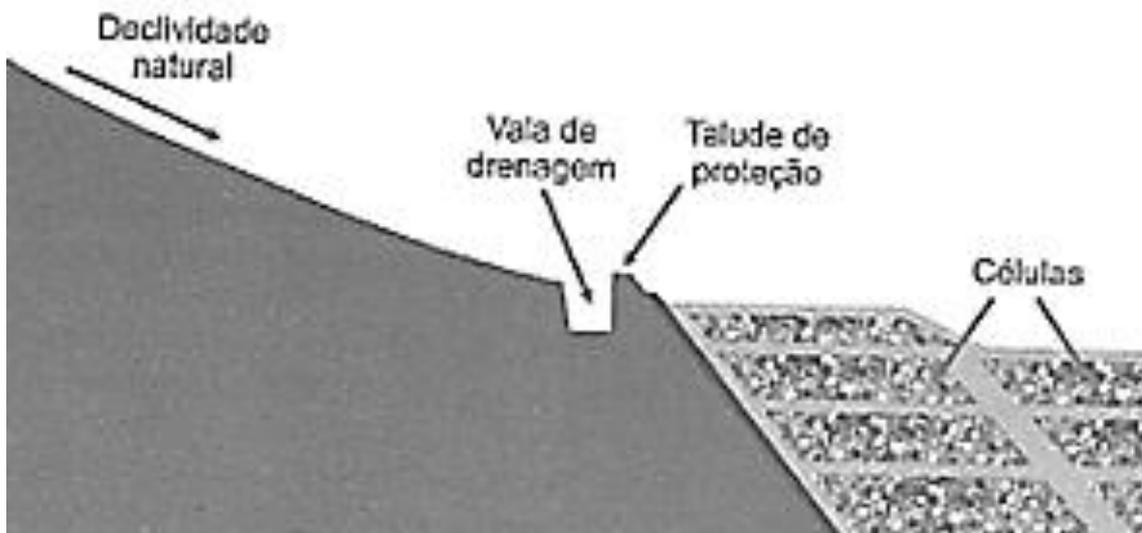
O sistema de drenagem de águas pluviais aplicado em um aterro sanitário (FIG. 11) é semelhante a uma drenagem urbana, onde é formado por estruturas que conduzem a água pluvial para um local específico, evitando assim a infiltração de água na massa de resíduos. A execução mal feita de um sistema de drenagem de água pluvial pode gerar escorregamento de massa, erosão, entre outros (CEMPRE, 2018).

Toda a área de contribuição de águas superficiais do aterro deve ser isolada (canaletas, diques, tubulações), e deve-se evitar o empoçamento de água, por isso, ao realizar o cobrimento diário com material inerte, o caimento deve ser na faixa de 2%. Segundo Barros (2012) algumas medidas corretivas ou de prevenção importantes para evitar erosão são:

- a) Revestimento do canal para prevenir a erosão em excesso
- b) Controle do nivelamento do canal, pois com uma inclinação muito alta, a velocidade do fluxo é maior causando um maior risco de erosão.
- c) Dissipadores de energia, que também tem a função de reduzir a velocidade do fluxo e a energia das descargas dos canais.

- d) Cobertura vegetal sobre o solo, as raízes dos vegetais ajudam a estabilizar melhor o solo, prevenindo a erosão.

Figura11- Elementos de drenagem pluvial em um aterro sanitário



Fonte: Barros, 2012

### 2.3.9 Cercamento do aterro

Deve ser executado para dificultar o acesso de pessoas não autorizadas na área do aterro, assim como animais. Além disso, deve-se fazer um cercamento com cercas-vivas para controle de ruído e retenção de partículas (BARROS, 2012).

A arborização no entorno, fora da área das células do aterro sanitário, tem como finalidade, minimizar os impactos visuais ao público externo, assim como auxiliar no controle da dispersão do cheiro característico da decomposição do resíduo e do biogás gerado. É importante destacar também o papel da arborização como barreira física para retenção das partículas emitidos na operação e o controle na propagação do ruído (SILVEIRA, 2012).

### 2.3.10 Pesagem dos caminhões para planejamento da frente de aterramento, estimativa da vida útil do aterro e pagamento pelos serviços de disposição final

Para se ter controle dos volumes diários e mensais dispostos no local, a pesagem dos veículos coletores pode ser realizada na balança rodoviária, e no caso dos aterros sanitários que não possuam balança rodoviária, deve ser identificada

alternativa para a pesagem dos caminhões em outro local, de forma a possibilitar o controle dos quantitativos dos resíduos recebidos no aterro (FEAM, 2006).

Na balança será feito o controle da origem, qualidade e quantidade dos resíduos a serem dispostos no aterro, e os dados devem ser preenchidos corretamente no "formulário para pesagem diária de veículos" (Quadro1), e é através deste formulário que o município terá informações sobre a eficiência de execução do sistema de limpeza urbana, permitindo uma melhor avaliação das rotas, cumprimento de horário, vida útil do aterro e planejamento das frentes de aterramento (FEAM, 2006).

Quadro1- Pesagem diária de veículos

Tipo de Veículo	N° da chapa	Tipo de material	Cadastro	Autorização	Autorizado por	Hora da Entrada	Hora da saída	Peso		
								Cheio	Tara	Liquido

Fonte: Orientações básicas para operação de aterro sanitário, 2006.

### **2.3.11 Monitoramento do lençol freático para detecção de contaminação da água por eventuais vazamentos de chorume**

O monitoramento das águas subterrâneas visa a avaliar, por meio de métodos diretos e/ou indiretos, a influência do aterro nesse manancial, principalmente se está havendo vazamento de chorume com a contaminação do lençol freático. O método direto constitui-se basicamente na perfuração de poços em pontos estratégicos do terreno, sendo o número mínimo de quatro poços, sendo um a montante e três a jusante do aterro em relação ao fluxo subterrâneo (ALMEIDA, 2009).

O aumento da taxa de infiltração de águas pluviais no maciço de resíduos contribui para a geração de percolados e aumento na vazão de chorume, além de elevar a superfície piezométrica. A elevação da superfície piezométrica reflete diretamente nos resultados das análises numéricas das condições de estabilidade do maciço do aterro (SILVEIRA, 2012).

Pode-se afirmar que a precipitação pluviométrica e as parcelas das águas pluviais que infiltram pela camada de cobertura superficial do maciço do aterro constituem as principais variáveis na geração de percolados e no aumento das vazões de chorume. Conhecer e monitorar o regime de chuvas no local de um aterro torna-se fundamental para os trabalhos de monitoramento (CEMPRE, 2018).

As vazões de chorume associadas aos níveis piezométricos, quando comparadas aos registros das precipitações pluviométricas, permitem avaliar eventuais perdas de eficiência da drenagem interna do maciço (GOMES *et.al.*, 2015).

### ***2.3.12 Monitoramento do ruído dentro e no entorno do aterro***

O monitoramento dos níveis de ruídos gerados em um aterro sanitário tem como objetivo controlar a exposição na população do entorno e o trabalhador do aterro, para evitar os efeitos negativos sobre os seres humanos, como perda da capacidade de trabalho, nervosismo, irritabilidade, estresse, interferência na conversão verbal, alterações circulatórias, digestivas e até perda gradativa na audição (CEMPRE, 2018).

Para isso, devem ser considerados os níveis dos ruídos provocados de acordo com a NBR 12179- Tratamentos acústicos em recintos fechados - (Norma brasileira (NB 101) (ABNT, 1992), observando que os ruídos não poderão exceder os limites fixados pela Norma Brasileira regulamentadora NBR 10152 (ABNT, 1987) e conforme resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente(CONAMA) Nº 01 de 08/03/90 em todo o aterro sanitário e imediações.

### ***2.3.13 Aspersão de água nas vias de trânsito de caminhões compactadores e demais veículos no aterro para redução da emissão de particulados na atmosfera***

Recomenda-se a utilização de caminhão pipa ou equipamento semelhante, para que possa, de tempos em tempos, realizar a aspersão de água nas vias de trânsito no aterro sanitário para redução de particulados para a atmosfera, melhorando-se assim as condições de trabalho no local e no entorno do aterro (SILVEIRA, 2012).

### **2.3.14 Monitoramento da qualidade do ar dentro e no entorno do aterro**

O monitoramento da qualidade do ar no entorno e dentro do aterro sanitário tem como objetivo preservar a qualidade do ar e evitar doenças, como as respiratórias. Este monitoramento ocorre com a utilização de equipamentos de avaliação da qualidade do ar (HI-VOL e o PM 10), e deve considerar a NBR 13412: “Material particulado em suspensão atmosférica – Determinação da concentração de partículas inaláveis pelo método do amostrador de grande volume acoplado a um separador inercial de partículas”. (ABNT, 1995) e NBR 9547: “Determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume” (ABNT, 1997) (CANDIANI, 2013).

### **2.3.15 Plano de acompanhamento da saúde do trabalhador**

Segundo a Lei nº 8.080/90, entende-se por saúde do trabalhador um conjunto de atividades que se destina, através das ações de vigilância epidemiológica e vigilância sanitária, à promoção e proteção da saúde dos trabalhadores, assim como visa à recuperação e reabilitação da saúde dos trabalhadores submetidos aos riscos e agravos advindos das condições de trabalho (BRASIL, 1990).

## **2.4 Estudo da viabilidade**

A primeira medida a ser realizada é a avaliação do município a ser estudado, coletando os dados necessários, como: quantidade de lixo gerado, composição do lixo, tratamentos já existentes, avaliação das áreas já existentes de disposição final dos resíduos. Se o município tiver um lixão, deve-se avaliar a possibilidade de transformá-lo em um aterro sanitário. Caso o lixão avaliado não tenha potencial para isso, devem ser feitas medidas para seu fechamento, recuperação do ambiente e em seguida, procurar novas áreas para implantação do novo aterro sanitário. (PEREIRA, 2013).

### 2.4.1 Estudos para a viabilização de novas áreas para implantação do aterro sanitário

O estudo de áreas viáveis para implantação de aterros sanitários é um grande desafio, principalmente em grandes centros urbanos, onde a maior parte de sua extensão já está urbanizada, restringindo a escolha. Primeiramente deve ser estudada a quantidade de lixo que será gerado ao longo de toda sua vida útil para determinada região, assim como as características do lixo, para determinar a extensão de área necessária (GOMES *et. al*, 2015).

É muito importante também conhecer todas as normas técnicas e as diretrizes federais, estaduais e municipais, para sua implantação. Segundo Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM) (2001) os seguintes critérios devem ser considerados (Quadros 2, 3 e 4):

Quadro 2- Critério de implantação de aterro

<b>Critérios técnicos</b>	
<b>CRITÉRIOS</b>	<b>OBSERVAÇÕES</b>
<b>Uso do solo</b>	As áreas têm que se localizar numa região onde o uso do solo seja rural (agrícola) ou industrial e fora de qualquer Unidade de Conservação Ambiental.
<b>Proximidade a cursos d'água relevantes</b>	As áreas não podem se situar a menos de 200 metros de corpos d'água relevantes, tais como, rios, lagos, lagoas e oceano. Também não poderão estar a menos de 50 metros de qualquer corpo d'água, inclusive valas de drenagem que pertençam ao sistema de drenagem municipal ou estadual.
<b>Proximidade a núcleos residenciais urbanos</b>	As áreas não podem se situar a menos de mil metros de núcleos residenciais urbanos que abriguem 200 ou mais habitantes.
<b>Proximidade a aeroportos</b>	As áreas não podem se situar próximas a aeroportos ou aeródromos e devem respeitar a legislação em vigor.
<b>Distância do lençol freático</b>	As distâncias mínimas recomendadas pelas normas federais e estaduais são as seguintes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para aterros com impermeabilização inferior através de manta plástica sintética, a distância do lençol freático à manta não poderá ser inferior a 1,5 metros.</li> <li>• Para aterros com impermeabilização inferior através de camada de argila, a distancia do lençol freático à camada impermeabilizante não poderá ser inferior a 2,5 metros e a camada impermeabilizante deverá ter um coeficiente de permeabilidade menor que <math>10^{-6}</math>cm/s.</li> </ul>

<b>Vida útil mínima</b>	É desejável que as novas áreas de aterro sanitário tenham, no mínimo, cinco anos de vida útil.
<b>Permeabilidade do solo natural</b>	É desejável que o solo do terreno selecionado tenha certa impermeabilidade natural, com vistas a reduzir as possibilidades de contaminação do aquífero. As áreas selecionadas devem ter características argilosas e jamais deverão ser arenosas.
<b>Extensão da bacia de drenagem</b>	A bacia de drenagem das águas pluviais deve ser pequena, de modo a evitar o ingresso de grandes volumes de água de chuva na área do aterro.
<b>Facilidade de acesso a veículos pesados</b>	O acesso ao terreno deve ter pavimentação de boa qualidade, sem rampas íngremes e sem curvas acentuadas, de forma a minimizar o desgaste dos veículos coletores e permitir seu livre acesso ao local de vazamento mesmo na época de chuvas muito intensas.
<b>Disponibilidade de material de cobertura</b>	Preferencialmente, o terreno deve possuir ou se situar próximo a jazidas de material de cobertura, de modo a assegurar a permanente cobertura do lixo a baixo custo.

Fonte: Manual do Gerenciamento Integrado de Resíduos Urbanos – IBAM, 2001.

Quadro 3 - Critérios econômicos para implantação do aterro

<b>Critérios econômico-financeiros</b>	
<b>CRITÉRIOS</b>	<b>OBSERVAÇÕES</b>
Distância ao centro geométrico de coleta	É desejável que o percurso de ida (ou volta) que os veículos de coleta fazem até o aterro, através das ruas e estradas existentes, seja o menor possível, com vistas a reduzir o seu desgaste e o custo de transporte do lixo.
Custo de aquisição do terreno	Se o terreno não for de propriedade da prefeitura, deverá estar, preferencialmente, em área rural, uma vez que o seu custo de aquisição será menor do que o de terrenos situados em áreas industriais.
Custo de investimento em construção e infraestrutura	É importante que a área escolhida disponha de infraestrutura completa, reduzindo os gastos de investimento em abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, drenagem de águas pluviais, distribuição de energia elétrica e telefonia.
Custos com a manutenção do sistema de drenagem	A área escolhida deve ter um relevo suave, de modo a minimizar a erosão do solo e reduzir os gastos com a limpeza e manutenção dos componentes do sistema de drenagem.

Fonte: Manual do Gerenciamento Integrado de Resíduos Urbanos – IBAM, 2001

Quadro 4 - Critério político-social

<b>Critérios político-sociais</b>	
<b>CRITÉRIOS</b>	<b>OBSERVAÇÕES</b>
Distância de núcleos urbanos de baixa renda	Aterros são locais que atraem pessoas desempregadas, de baixa renda ou sem outra qualificação profissional, que buscam a catação do lixo como forma de sobrevivência e que passam a viver desse tipo de trabalho em condições insalubres, gerando, para a prefeitura, uma série de responsabilidades sociais e políticas. Por isso, caso a nova área se localize próxima a núcleos urbanos de baixa renda, deverão ser criados mecanismos alternativos de geração de emprego e/ou renda que minimizem as pressões sobre a administração do aterro em busca da oportunidade de catação. Entre tais mecanismos poderão estar iniciativas de incentivo à formação de cooperativas de catadores, que podem trabalhar em instalações de reciclagem dentro do próprio aterro ou mesmo nas ruas da cidade, de forma organizada, fiscalizada e incentivada pela prefeitura.
Acesso à área através de vias com baixa densidade de ocupação	O tráfego de veículos transportando lixo é um transtorno para os moradores das ruas por onde estes veículos passam, sendo desejável que o acesso à área do aterro passe por locais de baixa densidade demográfica.

Fonte: Manual do Gerenciamento Integrado de Resíduos Urbanos – IBAM, 2001.

Após a predeterminação de algumas localidades, estas devem ser estudadas quanto às suas características. A chance de estas áreas atenderem a todos os critérios simultaneamente é mínima, por isso, pode ser feito uma escala de prioridades, facilitando assim a escolha da melhor área (IBAM, 2001).

## **2.5 Legislação vigente sobre aterros e lixões no Brasil**

O CONAMA em sua resolução nº 404, publicada em 12 de novembro de 2008, tem como tema a criação de aterros sanitários de pequeno porte (com disposição diária inferior a vinte toneladas) para disposição final de resíduos sólidos domiciliares, resíduos de serviço de limpeza urbana, resíduos de serviços de saúde e resíduos sólidos provenientes de pequenos estabelecimentos comerciais, industriais e de prestação de serviços. A norma destaca que estes aterros só se aplicam a resíduos que, de acordo com a legislação específica, não sejam perigosos e tenham as características similares a resíduos gerados em domicílios.

A resolução também prevê que, a critério do órgão ambiental competente, pode ser admitida a disposição de lodos secos não perigosos oriundos de sistemas de tratamento de água e esgoto sanitário, desde que sua viabilidade seja comprovada em estudos técnicos específicos e respeitando normas ambientais, de segurança e sanitárias (CONAMA, 2008).

Para o licenciamento ambiental do aterro sanitário supracitado, a resolução prevê que sejam considerados alguns critérios e diretrizes sobre a localização, impactos ambientais gerados, planos de gestão/operação, população beneficiada entre outros (CONAMA, 2008).

De acordo com a Lei nº 12.305/2010 a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, deverá ser implantada em até quatro anos após a data de publicação. Com o final do prazo estipulado pela lei foi constatado que a maioria dos municípios brasileiros não cumpriu o que foi determinado, tornando-os assim passível de punição e multas. (BRASIL, 2010)

Pela lei, a partir deste domingo (3), as prefeituras com lixo a céu aberto podem responder por crime ambiental, com aplicação de multas de até R\$ 50 milhões, além do risco de não receberem mais verbas do governo federal. Os prefeitos, por sua vez, correm o risco de perder o mandato. Em tese, se a legislação for cumprida à risca, muitas cidades podem ser punidas. Segundo o Ministério do Meio Ambiente, somente 2.202 municípios, de um total de 5.570, estabeleceram medidas para garantir a destinação adequada do lixo que não pode ser reciclado ou usado em compostagem. (CARVALHO, 2014).

Sobre as regulamentações da norma, tem-se a NBR 10004: “Resíduos Sólidos – Classificação” (ABNT, 2004) que discorre sobre a classificação dos resíduos sólidos, as NBR 10005: “Procedimentos para obtenção de extratos lixiviados para resíduos sólidos” (2004) e NBR 10006: “Procedimentos para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos” (ABNT, 2004) que tratam dos procedimentos de extratos lixiviados/solubilizados dos resíduos sólidos, a NBR 10007: “Amostragem de resíduos sólidos” (ABNT, 2004).

A NBR 15849: “Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para a localização, projeto, implantação, operação e encerramento” (ABNT, 2010) determina diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento de aterros sanitários de pequeno porte. Tal norma sugere algumas iniciativas a serem adotados na concepção do projeto para o enquadramento mais favorável do empreendimento. Entre estas sugestões pode-se encontrar:

- Implantação e operação
- Redução da permeabilidade do solo
- Redução da fração orgânica dos resíduos
- Redução do ingresso de água de chuva na frente de operação

Em 2017 foi criada a Lei Municipal 2191/2017, que instituiu o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, e implanta a Política Municipal de Resíduos Sólidos no município de Barbacena.

### **3 REGIÃO DE BARBACENA**

#### **3.1 Caracterização da região**

Barbacena é um município mineiro, localizado próximo ao eixo Rio-São Paulo, que tem apresentado dificuldades na gestão de resíduos sólidos. Este município foi escolhido para estudo deste trabalho por três fatores, é um município em desenvolvimento, é próximo à capital mineira e dada a sua economia e população que pode ser equiparado a diversos municípios brasileiros.

##### **3.1.1 Geografia e Clima**

Distantes 169 quilômetros da capital do estado, Belo Horizonte, Barbacena está localizada na região conhecida como Campo das Vertentes, aos pés da Serra da Mantiqueira. Com área territorial de 759,186 Km<sup>2</sup>, possui um bioma de Mata Atlântica e clima tropical de altitude, com invernos frios e verões amenos com temperatura anual da cidade de 18°C. (IBGE, 2020)

O município possui em sua extensão 12 distritos com base na divisão territorial datada de 2010. São eles: Colônia Rodrigo Silva, Correia de Almeida, Costas da Mantiqueira, Galego, Mantiqueira do Palmital, Padre Brito, Pinheiro Grosso, Ponte do Cosme, Ponto Chique do Martelo, São Sebastião dos Torres e Senhora das Dores (IBGE, 2020).

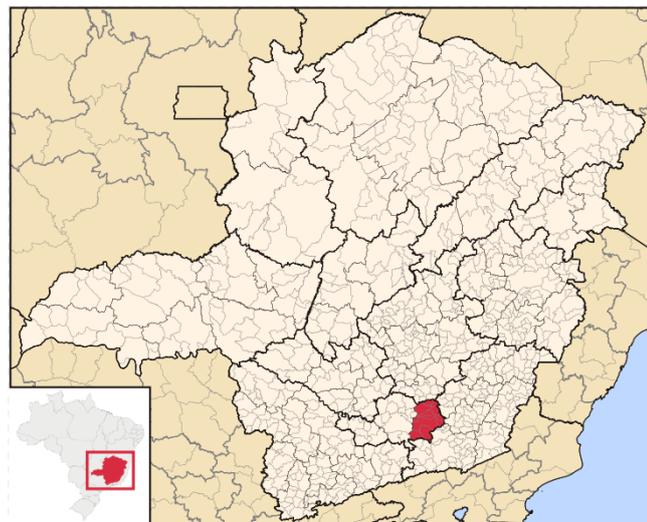
##### **3.1.2 Economia e População**

Como base da economia, encontra-se o setor de serviços, porém, outros setores merecem destaques, como o setor de agropecuária, principalmente, com o fornecimento de leite e derivados, além, do plantio de rosas. “Barbacena foi sempre famosa pelas suas flores. As rosas aí cultivadas atingem, graças ao clima, grande pujança.” (MASSENA, 1985).

Com a escassez de investimentos e a pouca procura para a instalação de novas indústrias, sendo seus maiores destaques a unidade da Vale Manganês, que realiza beneficiamento de ferro-liga a base de manganês, a Fiven que produz materiais cerâmicos e a indústria alimentícia Rivelli. Atualmente o setor de serviços é o grande responsável pela subsistência da cidade.

Segundo estimativa do IBGE (2020), a população estimada de Barbacena é de 138.204,00 habitantes, salário médio mensal de 2,2 salários mínimos, taxa de escolarização, pelo censo de 2010, 98,4%. O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) no município é de 0.769, de acordo com o censo 2010, superior ao IDH brasileiro que hoje é de 0,761 (2019). Seu Produto Interno Bruto (PIB) por pessoa, a preços correntes, é de R\$19.631,86 (dezenove mil seiscentos e trinta um reais e oitenta e seis centavos). Segue abaixo o mapa de localização da microrregião de Barbacena (FIG. 12).

Figura 12 - Localização da microrregião do município de Barbacena



Fonte: Raphael Lorenzeto de Abreu, 2006.

### 3.2 Análise da gestão dos resíduos sólidos

### 3.2.1 Caracterização do resíduo de Barbacena

Estudos realizados em 2013 pela Universidade Federal de Viçosa e concluído pela empresa curitibana HÁBITAT Ecológico, responsáveis pelo PGIRS, apontaram que Barbacena produzia aproximadamente 66 toneladas de resíduo por dia resultando em uma média de quinhentos gramas de resíduo por habitante dia. Desde total 49,1% era resíduo orgânico, 36% resíduos recicláveis e 14,9% são rejeitos (ECOLÓGICO, 2014).

Esse mesmo estudo gerou projeções sobre a geração de resíduos sólidos, mostrando que o município passaria das 22.502 toneladas ao ano, em 2013, para 35.271 toneladas ao ano em 2034, o aumento da população foi levado em consideração. Com isso teríamos um aumento dos quinhentos gramas de resíduo por dia por habitante para seiscentos e cinquenta e cinco gramas por dia por habitante, como se observa na tabela 2 abaixo (ECOLÓGICO, 2014).

Tabela 2 - Projeção da geração de resíduos (Cenário Previsível) em Barbacena

ANO	População Residente (habitantes)	Geração de resíduos per capita (kg/hab.dia)	Cenário Previsível			
			Projeção de resíduos (t/ano)	Composição (t/ano)		
				Orgânico (49,1%)	Reciclável (36%)	Rejeito (14,9%)
2.013	116.556	0,520	22.502	11.046	8.101	3.353
2.014	119.934	0,526	23.045	11.315	8.296	3.434
2.015	121.311	0,533	23.595	11.585	8.494	3.516
2.016	122.689	0,539	24.151	11.969	8.694	3.599
2.017	124.066	0,546	24.714	12.135	8.897	3.682
2.018	125.444	0,552	25.283	12.414	9.102	3.767
2.019	126.821	0,559	25.859	12.697	9.309	3.853
2.020	128.200	0,565	26.441	12.983	9.519	3.940
2.021	129.577	0,572	27.030	13.272	9.731	4.027
2.022	130.955	0,578	27.625	13.564	9.945	4.116
2.023	132.332	0,584	28.226	13.859	10.161	4.206
2.024	133.710	0,591	28.834	14.158	10.380	4.296
2.025	135.087	0,597	29.449	14.459	10.602	4.388
2.026	136.465	0,604	30.070	14.764	10.825	4.480
2.027	137.842	0,610	30.597	15.072	11.051	4.574
2.028	139.220	0,617	31.331	15.384	11.279	4.668
2.029	140.597	0,623	31.972	15.598	11.510	4.764
2.030	141.975	0,629	32.619	16.016	11.743	4.860
2.031	143.353	0,636	33.272	16.337	11.978	4.958
2.032	144.730	0,642	33.932	16.660	12.215	5.056
2.033	146.108	0,649	34.598	16.966	12.455	5.155
2.034	147.485	0,655	35.271	17.319	12.697	5.255

Fonte: Habitat Ecológico, 2013. P.610

De acordo com as características de cada região do país, definiram-se, através da versão preliminar da PNRS, metas de redução de resíduos dispostos em aterros sanitários até 2031, como demonstra a tabela 3 (ECOLÓGICO, 2014).

Tabela 3 - Meta do PLANARES para Região Sudeste

Metas	Plano de metas (Região Sudeste)				
	2015	2019	2023	2027	2031
Redução dos resíduos recicláveis secos dispostos em aterro, com base na caracterização nacional em 2013.	30%	37%	42%	45%	50%
Redução dos resíduos úmidos dispostos em aterro, com base na caracterização nacional em 2013.	25%	35%	45%	50%	55%

Fonte: Habitat Ecológico, 2013. p.612

Com base nas metas traçadas acima para a região Sudeste, os municípios deverão reduzir em 50% a quantidade de resíduos recicláveis secos dispostos em aterro, e em 55% à quantidade de resíduos úmidos (orgânicos) até 2031. (ECOLÓGICO, 2014)

Na tabela 4a seguir, é possível observar a redução de quantidade de resíduos com as metas previstas no PLANARES, mostradas no Plano Municipal de Saneamento Básico de Barbacena, e extrapoladas até 2034 para o plano municipal da prefeitura de Barbacena (ECOLÓGICO, 2014).

Tabela 4 - Projeção da geração de resíduos (Cenário Normativo)

ANO	População residente (habitantes)	Geração de resíduos per capita (kg/hab.dia)	Cenário Normativo				
			Redução de resíduos recicláveis dispostos em aterro		Redução de resíduos orgânicos dispostos em aterro		Projeção de resíduos (t/ano)
			%	t/ano	%	t/ano	
2013	118.556	0,520					
2014	119.934	0,526	25	6.222	22	8.826	18.482
2015	121.311	0,533	30	5.946	25	8.689	18.150
2016	122.689	0,539	32	5.912	28	8.538	18.049
2017	124.066	0,546	33	5.961	30	8.494	18.138
2018	125.444	0,552	35	5.916	33	8.317	18.001
2019	126.821	0,559	37	5.865	35	8.253	17.971
2020	128.200	0,565	38	5.902	37	8.179	18.020
2021	129.577	0,572	40	5.838	40	7.963	17.829
2022	130.955	0,578	41	5.868	43	7.731	17.715
2023	132.332	0,584	42	5.894	45	7.623	17.722
2024	133.710	0,591	42	6.021	46	7.645	17.962
2025	135.087	0,597	43	6.043	47	7.663	18.094
2026	136.465	0,604	44	6.062	49	7.530	18.072
2027	137.842	0,610	45	6.078	50	7.536	18.188
2028	139.220	0,617	46	6.091	51	7.538	18.297
2029	140.597	0,623	47	6.100	53	7.378	18.242
2030	141.975	0,629	49	5.989	54	7.367	18.216
2031	143.353	0,636	50	5.989	55	7.351	18.298

2032	144.730	0,642	52	5.863	57	7.164	18.083
2033	146.108	0,649	55	5.605	60	6.795	17.555
2034	147.485	0,655	60	5.714	62	6.927	17.896

Fonte: Habitat Ecológico, 2013. p.612

Por isso pode-se dizer, que para que estes valores se tornem possíveis, é necessário que se respeite e conquiste alguns itens existentes no cenário normativo, tais como: educação ambiental, incentivo à reutilização de matérias, separação dos resíduos recicláveis, implantação da coleta seletiva.

### 3.2.2 Cenário do gerenciamento dos Resíduos Sólidos de Barbacena

#### 3.2.2.1 Lixão

Barbacena possuía três áreas destinadas para depósito de lixo, porém todas hoje se encontram desativadas, para fins de lixão. A primeira localizada na BR265, km 209(FIG. 13), funcionou até 2012, e só foi desativada por pressão do Ministério Público. Outro lixão utilizado pelo município, que foi desativado em 1992, era localizado no distrito de Pinheiro Grosso (FIG. 14). Este se encontra em um local de difícil acesso ocasionado pelo crescimento da vegetação nativa. E por último o lixão que ficava próximo ao distrito do Faria, fechado em 1976. A prefeitura realiza visitas periódicas nos locais e monitora a contaminação do solo, mas apesar de planos de recuperações terem sido criados, os mesmos até hoje não foram executados nos locais (ECOLÓGICO, 2014).

Figura 13 - Localização do lixão na BR 265



Fonte: Habitat Ecológico, 2013. p.343

Figura 14 - Localização do lixão em Pinheiro Grosso



Fonte: Habitat Ecológico, 2013. p.344

Mesmo com a desativação dos lixões, o que se encontrava localizado na BR265 continuou representando um grande passivo ambiental, pois passou a funcionar como estação de transbordo para os resíduos sólidos do município que eram encaminhados para o aterro sanitário licenciado de Juiz de Fora (ECOLÓGICO, 2014).

Atualmente os resíduos são enviados para o aterro sanitário de Conselheiro Lafaiete, de responsabilidade de operação da Ecotres (Consórcio público intermunicipal de tratamento de resíduos sólidos) formado pelos municípios de Ouro Branco, Congonhas e Conselheiro Lafaiete.

### **3.2.2.2 Implantação Aterro Sanitário no Município de Barbacena**

Conforme explicado anteriormente, atualmente o município de Barbacena dispõe seus resíduos no aterro sanitário de Conselheiro Lafaiete – MG, a cerca de 70 km, da sede do município. A implantação de um aterro no município reduziria os custos de transporte, bem como da operação da estação de transbordo e o município passaria a contar com uma arrecadação maior referente ao ICMS ecológico.

Os objetivos da criação deste aterro seria a destinação correta dos RSU da região participante, reaproveitamento de materiais descartáveis, geração de composto, e eliminação do descarte incorreto, que causa poluição ambiental e visual nestas cidades. E como consequência positiva, pode-se despertar a consciência

ambiental da população para a importância da correta destinação final do RSU, incentivar a coleta seletiva por catadores, fornecendo a estes um trabalho formalizado.

### **3.2.2.3      *Sustentabilidade do sistema***

A taxa de coleta de lixo é cobrada, anualmente, no imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana (IPTU) do município, mas não atinge a sustentabilidade do sistema. São utilizados recursos orçamentários para complementação do custo, porém para que se possa dar continuidade à idéia de implantação de um aterro sanitário em Barbacena, os habitantes que tanto desejam a implantação e de um sistema de coleta seletiva devem aceitar o fato que terão de arcar com os custos deste sistema também.

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos estabeleceu o fechamento dos lixões no país devido aos seus inúmeros problemas, e com isso todo resíduo produzido deve ser encaminhado para aterros sanitários. Essa medida traz menor impacto ambiental, reduzindo a liberação de metano na atmosfera, utilizando para fins de geração de energia os gases gerados nos aterros. Apesar de odores fortes existirem tem-se uma melhor qualidade de vida em torno dos aterros, do que se tinha nos lixões, já que nos aterros o ambiente é mais controlado, evitando-se doenças devidas ao lixo e animais.

Um grande problema dos aterros é a exigência de grandes áreas para sua implantação e seu custo elevado. Também se exige um grande controle de todos dos parâmetros do aterro para que não haja uma contaminação do ambiente.

Desta forma, nota-se que municípios de pequeno e médio porte encontram grandes dificuldades para instalarem os aterros sanitários em seus territórios.

O município de Barbacena, para cumprir a legislação vigente que determinou o fechamento dos lixões no país, teve que buscar nos municípios vizinhos uma solução para a disposição final de seus resíduos. Esta solução, inicialmente de caráter temporária, elevou significativamente os custos do gerenciamento de seus resíduos. A disposição final em aterro sanitário atende aos requisitos ambientais, porém, o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) propõe melhorar seu desempenho, adotando medidas que visam à redução do volume, coleta seletiva e aproveitamento dos gases gerados para a geração de energia.

Porém apesar das propostas tecnicamente corretas, mas descontextualizadas da realidade local e por demais genéricas, há um claro problema econômico para que o município tenha sucesso na implantação das ações propostas neste plano. A ideia parece não atrair muitos interessados, e este fato pode talvez for justificado pela resistência da população em custear a taxa municipal de gerenciamento de resíduos. Resta, então, ao município esperar por financiamento público provenientes dos níveis estadual e federal de governo.

E essa, infelizmente, é a triste realidade da maioria dos municípios brasileiros que por falta de incentivo continuam a utilizar os lixões ou aterros controlados.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE, 2018/2019, **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL**, Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.

ALMEIDA, Paulo Santos de. **Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte**. São Paulo: Rima Artes e Textos, 2009. Disponível em: <A drenagem do líquido percolado minimiza o potencial de contaminação do subsolo, assim como reduz as pressões internas na massa de lixo>. Acesso em: 05 de novembro de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10005**: Procedimentos para obtenção de extratos lixiviados para resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10006**: Procedimentos para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007**: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15849**: Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos. **Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos**. 1.ed. Belo Horizonte: Tessitura, 2012. 424 p.

BARROS, Regina Mambeli. **Tratado sobre resíduos sólidos: Gestão, Uso e Sustentabilidade**. 1. ed. Belo Horizonte: Interciência, 2013. 374 p.

BRASIL, **Lei nº 8.080, promulgada em 19 de setembro de 1990**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l8080.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8080.htm)>. Acesso em: 08 de setembro de 2020.

BRASIL, **Lei nº 10.305, promulgada em 02 de agosto de 2010**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 08 de setembro de 2020.

BRASIL, **Lei nº 11.107, promulgada em 06 de abril de 2005**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/lei/l11107.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11107.htm)>. Acesso em: 08 de setembro de 2020.

BRASIL, **Lei nº 12.305, promulgada em 02 de agosto de 2010**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 08 de setembro de 2020.

BRASIL. Ministério do Meio-Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos– PLANARES**. 103p. Brasília. Agosto/2012.

BRASIL. Ministério do Meio-Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. Departamento de Ambiente Urbano. **PLANOS DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: Manual de Orientação**. 156p. Brasília. 2012.

CANDIANI, Giovano; FREITAS, Fernando Souza N. de; SILVA, Tiago Nascimento. Avaliação das emissões superficiais do gás de aterros sanitários de grande porte. **Eng. Sanit. Ambient. Vol18, nº2**. Rio de Janeiro abr./jun 2013. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522013000200001&lng=pt&nrm=iso](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522013000200001&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 05 de novembro de 2020.

Compromisso Empresarial para Reciclagem - CEMPRE. **LIXO MUNICIPAL: Manual de gerenciamento integrado**. 4.ed. São Paulo, 2018.

CONAMA. **Resolução nº4, publicada em 12 de novembro de 2008**. Disponível em:<<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=592>>. Acesso em: 08 de setembro de 2020.

ECOLÓGICO, Habitat. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Barbacena – PMSB**, versão preliminar. Barbacena, 2014 Disponível em: <[http://barbacena.mg.gov.br/arquivos/PMSB\\_BARBACENA\\_VERS%C3%83O\\_PRELIMINAR\\_30.01.pdf](http://barbacena.mg.gov.br/arquivos/PMSB_BARBACENA_VERS%C3%83O_PRELIMINAR_30.01.pdf) >. Acesso em 08 de setembro de 2020.

Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Orientações básicas para a operação de aterro sanitário**. 36p. Belo Horizonte: FEAM, 2006

GOMES, Luciana Paulo; et. al. Avaliação ambiental de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos precedidos ou não por unidades de compostagem. **Eng. Sanit. Ambient. Vol20, nº3**. Rio de Janeiro jul./set 2015. . Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522015000300449&lng=pt&nrm=iso](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522015000300449&lng=pt&nrm=iso). Acesso em 05 de novembro de 2020.

GOUVEIA, Nelson. **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social**. Artigo publicado em 26 de abril de 2012. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/csc/v17n6/v17n6a14.pdf>> Acesso em: 04de novembro 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE 2020. **Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/barbacena/panorama> > Acesso em 08 setembro de 2020.

IWAI, Cristiano Kenji. **VI SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA: Tecnologias para disposição final de resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte**. Disponível em: <[http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/uploads/2013/05/cristiano\\_kenj.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/uploads/2013/05/cristiano_kenj.pdf)>. Acesso em 08 de setembro de 2020.

LIMA, Luiz Mario Queiroz. **LIXO: tratamento e biorremediação**. 3.ed. São Paulo: Hemus, 2004. 265 p.

PEREIRA, SS., and CURI, RC. **Modelos de gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos: a importância dos catadores de materiais recicláveis no processo de gestão ambiental.** In: LIRA, WS., and CÂNDIDO, GA., orgs. *Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa* [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2013, pp. 149-172. ISBN 9788578792824.

SAVASSI, Altair José. **Barbacena 200anos.** Belo Horizonte: Lemi, 1991. 287p. v.1.

SILVEIRA, Geraldo T.R. **Notas de aulas.** Gerenciamento dos resíduos urbanos. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2015.