



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005*  
**ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL**

Lucas Silva Abreu

**PROJETO DE ATERRO SANITÁRIO EM VALAS PARA RESÍDUOS SÓLIDOS  
URBANOS, PARA A CIDADE DE BARROLÂNDIA – TO.**

Palmas - TO

2019

Lucas Silva Abreu  
PROJETO DE ATERRO SANITÁRIO EM VALAS PARA RESÍDUOS SÓLIDOS  
URBANOS, PARA A CIDADE DE BARROLÂNDIA – TO.

Trabalho de Conclusão de Curso  
(TCC) II elaborado e apresentado como  
requisito parcial para obtenção do título de  
bacharel em Engenharia Civil pelo Centro  
Universitário Luterano de Palmas  
(CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dra. Michele Ribeiro  
Ramos.

Lucas Silva Abreu

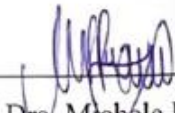
PROJETO DE ATERRO SANITÁRIO EM VALAS PARA RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS,  
PARA A CIDADE DE BARROLÂNDIA – TO

Trabalho de Conclusão de Curso  
(TCC) II elaborado e apresentado como  
requisito parcial para obtenção do título de  
bacharel em Engenharia Civil pelo Centro  
Universitário Luterano de Palmas  
(CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dra. Michele Ribeiro  
Ramos.

Aprovado em: 22/05/2019

BANCA EXAMINADORA



---

Prof. Dra. Michele Ribeiro Ramos

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



---

Prof. Esp. Failla Alves Cabral Brito

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



---

Prof. Dr. José Geraldo Delvaux Silva

Professor Convidado

Palmas – TO

2019

Presto este trabalho primordialmente a Deus cujo me deu a capacidade de realiza-lo. Agradeço à minha família, por sua capacidade de acreditar em mim e investir em mim, a minha namorada por me apoiar, e a todos que direto ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

A BÍBLIA (Provérbios 16:3) Confie teus projetos ao Senhor, e eles se realizaram.

## RESUMO

ABREU, Lucas Silva. **Projeto de aterro sanitário em valas para resíduos sólidos urbanos, para a cidade de Barrolândia – TO.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil. Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, Palmas/TO, 2019.

Os serviços de manejo dos resíduos sólidos compreendem a coleta, limpeza pública bem como a destinação final desses respectivos resíduos. A implantação e operação de aterros sanitários são de grande relevância em qualquer cidade, uma vez que promove melhorias no bem-estar da população e evitam a poluição do meio ambiente. Vários são os tipos de aterro sanitário para abrigar os resíduos sólidos urbanos, o aterro sanitário foco deste trabalho é o Aterro Sanitário em Valas Manual que segundo Lange *et al.* (2008), comumente implantado em áreas planas, onde são escavadas valas no solo, com dimensões previamente calculadas para se adequarem à demanda de resíduos da cidade. Realizou-se estudos para o município escolhido no estado do Tocantins que gera até 20 toneladas de resíduos sólidos por dia. Como modelo para execução deste trabalho foi o município de Barrolândia – TO, localizado a aproximadamente 90 km de distância de Palmas – TO. Conforme o IBGE (2010) este município possui uma população 4731 habitantes. Munido dos volumes de resíduos sólidos urbanos gerados todos os anos de vida útil do aterro sanitário, foi possível constatar o baixo crescimento dos volumes gerados anualmente. Isto acontece claramente em função da população da cidade escolhida ser pequena e a taxa de crescimento populacional ser baixa. Este trabalho propiciou entender o quanto é importante que a área para implantação de um aterro sanitário tenha as devidas características exigidas por norma, evitando possíveis danos ao meio ambiente, além disso possibilitou acrescentar claramente como é o dimensionamento de cada sistema que compõe o respectivo aterro sanitário. Contudo o projeto proposto neste trabalho pode ser adequado para qualquer município sendo ele de pequeno porte, pois os dados, formulas e demandas gerados poderão servir de base para o desenvolvimento de novos projetos.

Palavras Chave: Aterro Sanitário, Resíduos Sólidos. Resíduos. Barrolândia.

## **ABSTRACT**

ABREU, Lucas Silva. Sanitary landfill project in urban solid waste ditches for the city of Barrolândia - TO. 2019. Course Completion Work (Graduation) - Civil Engineering Course. Luterano University Center of Palmas, Palmas, Palmas / TO, 2019.

Solid waste management services include the collection, public cleaning as well as the final destination of the respective waste. The implantation and operation of landfills are of great relevance in any city, since it promotes improvements in the well-being of the population and to avoid the pollution of the environment. Several types of landfill to house urban solid waste, the landfill focus of this work is the Sanitary Landfill in Manual Troughs that according to Lange et al. (2008), commonly implanted in flat areas, where ditches are excavated in the soil, with dimensions previously calculated to fit the city's waste demand. Studies were carried out for the municipality chosen in the state of Tocantins that generates up to 20 tons of solid waste per day. As a model for this work was the municipality of Barrolândia - TO, located approximately 90 km away from Palmas - TO. According to IBGE (2010) this municipality had a population of 4731 inhabitants. Armed with the volumes of municipal solid waste generated every year of the life of the landfill, it was possible to observe the low growth of volumes generated annually. This is clearly because the population of the chosen city is small and the rate of population growth is low. This work allowed us to understand how important it is that the area for the implantation of a landfill has the necessary characteristics required by norm, avoiding possible damages to the environment, besides it made it possible to add clearly as it is the sizing of each system that compose the respective sanitary landfill . However, the project proposed in this work may be suitable for any municipality being of small size, since the data, formulas and demands generated may serve as a basis for the development of new projects.

**Key Word:** Landfill, Solid Waste. Waste. Barrolândia.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Manta para impermeabilização.....	25
Figura 2 - Detalhe do dreno de captação de gases no aterro sanitário.....	26
Figura 3 - Detalhe do tratamento do gás pela queima.....	26
Figura 4 - Resíduos sendo descarregados na vala.....	27
Figura 5 - Nivelamento e cobertura dos resíduos sendo realizados diariamente.....	28
Figura 6 - Área escolhida para a implantação.....	30
Figura 7 - Fluxograma para o chorume gerado no aterro sanitário.....	39
Figura 8 - Mapa do município de Barrolândia – TO.....	41
Figura 9 - Mapa geológico do estado do Tocantins.....	42
Figura 10 - Taxa geométrica de crescimento em porcentagem por classe de tamanho de município.....	44
Figura 11 - Gráfico dos volumes de RSU gerados durante os anos da vida útil.....	51
Figura 12 - Dimensões da seção transversal da vala.....	52
Figura 13 - Comprimento da base maior e menor da vala.....	53
Figura 14 - Dimensões de escavação das valas.....	55
Figura 15 - Parâmetros da Equação IDF.....	57

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação de alguns resíduos como não perigosos.....	19
Quadro 2 – Instruções para drenagem dos gases .....	39
Quadro 3 - Previsão de crescimento populacional .....	44
Quadro 4 - Tempo de Retomo.....	58
Quadro 5 - Valores de C para várias superfícies, declividade e tempos de retomo .....	58



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBAM	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
LI	Licença de Implantação
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
NBR	Norma Brasileira
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SPT	Standard Penetration Test
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil

## LISTA DE SÍMBOLOS

CH <sub>4</sub>	Metano
Cm	Centímetros
Cm/s	Centímetros por Segundo
M <sup>3</sup>	Metros cúbicos
km	Quilômetros
Nm <sup>3</sup>	Normal Metro Cúbico

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1 OBJETIVOS .....	13
1.1.1 <i>Objetivo Geral</i> .....	13
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	13
1.2 PROBLEMA .....	13
1.3 JUSTIFICATIVA .....	13
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	15
2.1.1 <i>Histórico do lixo e do Aterro Sanitário</i> .....	15
2.2 DEFINIÇÕES .....	16
2.2.1 <i>Aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos</i> .....	16
2.2.2 <i>Aterro controlado</i> .....	16
2.2.3 <i>Lixão</i> .....	17
2.2.4 <i>Aterro Sanitário em Valas</i> .....	17
2.2.5 <i>Lei nº 12.305</i> .....	18
2.2.6 <i>Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos</i> .....	18
2.2.7 <i>Resíduos Sólidos</i> .....	18
2.2.8 <i>Chorume</i> .....	19
2.2.9 <i>Biogás</i> .....	20
2.3 PLANEJAMENTO.....	20
2.3.1 <i>Estudos Preliminares</i> .....	20
2.3.2 <i>Seleção da Área</i> .....	21
2.3.3 <i>Licenciamento Ambiental</i> .....	21
2.3.4 <i>Aquisição do Local</i> .....	22
2.4 PARTES CONSTITUINTES DO PROJETO .....	22
2.4.1 <i>Memorial Descritivo</i> .....	22
2.4.2 <i>Elementos do Projeto</i> .....	24
2.4.3 <i>Memorial Técnico</i> .....	28
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>29</b>

3.1 PESQUISAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
3.2 ESCOLHA DO LOCAL DA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO .....	29
3.2.1 <i>Propriedade</i> .....	29
3.2.2 <i>Tamanho da área</i> .....	29
3.2.3 <i>Localização</i> .....	29
3.3 OBJETOS DE ESTUDO .....	30
3.4 DETERMINAÇÃO DA VIDA ÚTIL DO ATERRO .....	31
3.5 DIMENSIONAMENTO DAS VALAS .....	31
3.5.1 <i>Previsão de crescimento populacional do município</i> .....	32
3.5.2 <i>Produção diária de R.S.U e produção per capita</i> .....	32
3.5.3 <i>Levantamentos de volume diário e anual de ocupação para todos os anos do projeto</i> ..	32
3.6 VOLUMES E DIMENSÕES DAS VALAS .....	33
3.6.1 <i>Volume médio diário de ocupação (Vmd)</i> .....	33
3.6.2 <i>Volume médio mensal de resíduos (Vmm)</i> .....	33
3.6.3 <i>Volume da trincheira (Vt)</i> .....	33
3.6.4 <i>Comprimento médio da trincheira (L)</i> .....	33
3.6.5 <i>Volume de ocupação dos resíduos por trincheira (Vo)</i> .....	34
3.6.6 <i>Volume de escavação das Valas (Ve)</i> .....	34
3.7 DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE CÉLULAS (VALAS) PARA OS ANOS DE VIDA ÚTIL DO PROJETO .....	34
3.8 DIMENSIONAMENTO DA ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO.....	35
3.9 DIMENSIONAMENTO DA IMPERMEABILIZAÇÃO DA BASE E LATERAIS DAS VALAS .....	35
3.9.1 <i>Dimensionamento do solo</i> .....	35
3.9.2 <i>Dimensionamento da manta</i> .....	36
3.10 DIMENSIONAMENTOS DO SISTEMA DE DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS	36
3.11 DIMENSIONAMENTOS DO SISTEMA DE DRENAGEM E TRATAMENTO DE LIXIVIADOS .....	37

3.12 DIMENSIONAMENTOS DO SISTEMA DE DRENAGEM E TRATAMENTO DE GASES .....	39
3.13 ISOLAMENTOS DO ATERRO .....	40
3.14 COBERTURA FINAL .....	40
3.15 PROJETO EXECUTIVO .....	40
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>41</b>
4.1 ESCOLHA E DADOS DO MUNICÍPIO.....	41
4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS DA ÁREA SELECIONADA PARA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO .....	41
4.3 DETERMINAÇÃO DA VIDA ÚTIL DO ATERRO .....	43
4.4 DIMENSIONAMENTO DAS VALAS .....	43
4.4.1 <i>Previsão de crescimento populacional do município.....</i>	<i>43</i>
4.4.2 <i>Produção diária de R.S.U. e produção de resíduos per capita.....</i>	<i>45</i>
4.4.3 <i>Levantamentos de volume diário e anual de ocupação para todos os anos do projeto..</i>	<i>45</i>
4.5 VOLUMES E DIMENSÕES DAS VALAS .....	51
4.5.1 <i>Volume médio anual de ocupação (Vmd).....</i>	<i>51</i>
4.5.2 <i>Volume médio mensal de resíduos (Vmm).....</i>	<i>51</i>
4.5.3 <i>Volume da trincheira (Vt).....</i>	<i>51</i>
4.5.4 <i>Comprimento médio da trincheira (L).....</i>	<i>52</i>
4.5.5 <i>Volume de ocupação dos resíduos por vala (Vo).....</i>	<i>53</i>
4.5.6 <i>Volume de escavação das Trincheiras (Ve) .....</i>	<i>54</i>
4.6 DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE VALAS PARA OS 15 ANOS DE VIDA ÚTIL DO PROJETO .....	55
4.7 ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO .....	55
4.8 DIMENSIONAMENTO DA IMPERMEABILIZAÇÃO DA BASE E LATERAIS DAS VALAS .....	55
4.8.1 <i>Dimensionamento do solo .....</i>	<i>56</i>
4.8.2 <i>Dimensionamento da manta .....</i>	<i>56</i>

4.9 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS ...	56
4.9.1 Intensidade da chuva crítica ( <i>i</i> ).....	57
4.9.2 Área da bacia Contribuinte ( <i>A</i> ).....	57
4.9.3 Coeficiente de escoamento superficial ( <i>C</i> ).....	57
4.9.4 Vazão drenada.....	58
4.9.5 Dimensionamento do canal de drenagem de águas pluviais .....	58
4.10 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM E TRATAMENTO DE LIXIVIADOS .....	59
4.10.1 Vazão .....	59
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>60</b>
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>61</b>

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Savastano Neto et al. (2010) os aterros sanitários são definidos da seguinte forma: "aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos, consiste na técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza os princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos 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".

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008), somente 27,7% das cidades brasileiras possuem aterros sanitários, 22,5% possuem aterros controlados e 50,8% das cidades despejam o lixo produzido em lixões. Sendo assim, a quantidade de aterros sanitários ativos no Brasil ainda está longe de ser o número ideal, e o número de lixões é quase o dobro em relação aos aterros sanitários.

Ainda sobre a pesquisa citada anteriormente, os serviços de manejo dos resíduos sólidos compreendem a coleta, a limpeza pública e a destinação final desses resíduos, e exercem um forte impacto no orçamento das administrações municipais, podendo atingir 20,0% dos gastos da municipalidade. Os gastos elevados com aterros resultam em uma quantidade baixíssima dos mesmos no país, visto que muitos administradores públicos não querem investir neste tipo de tratamento. Pois segundo eles o gasto com a execução, operação e manutenção é muito alto. O prazo estipulado para implantação destes tipos de descarte nos municípios era até 2014, porém, poucos municípios se manifestaram. Houve uma prorrogação no prazo, e ainda assim têm sido apresentados pouquíssimos projetos de implantação de aterros sanitários.

Nas cidades onde não existem aterros sanitários, grande parte do descarte é feito em lixões a céu aberto, que podem ocasionar diversos tipos de problemas para a sociedade, pois é causa indireta de doenças, devido ao fato de ser abrigo e alimento de vetores como moscas, mosquitos, baratas e roedores. Os lixões também prejudicam o meio ambiente, pois o solo é contaminado pelo chorume que é gerado pela degradação biológica dos resíduos e a lixiviação causada pela passagem da água através do lixo, atingindo também o lençol freático. Já o ar é poluído pelos gases gerados pela degradação biológica dos resíduos.

Quando executado de acordo com as normas e licenças ambientais, o local é livre de poluição e de diversos tipos de doenças gerados pelos vetores. A implantação e operação são de suma importância em qualquer município, pois visa especialmente manter a saúde e o bem-estar da população e evitar a poluição de corpos hídricos, solo e ar no meio ambiente.

Municípios que adotam o descarte de resíduos sólidos através de aterros sanitários impactam positivamente a sociedade e meio ambiente ao seu redor, diminuindo consideravelmente os gastos com saúde pública e tratamento de água, além disso, pode gerar energia através da transformação de gases tóxicos em biogás.

Existem vários tipos de métodos de aterros sanitários, e o foco deste trabalho é o aterro sanitário em valas manual que segundo Lange et al. (2008), geralmente é utilizado em áreas planas, onde são escavadas valas no solo, com variadas dimensões que se adequem ao volume de resíduo sólidos urbano gerado e facilite a operação dos equipamentos utilizados no aterramento. As dimensões da trincheira definem os métodos construtivos, a forma de operação e os equipamentos a serem utilizados. A compactação dos resíduos pode ser manual ou mecânica, dependendo das dimensões da trincheira. Aterros em vala são normalmente indicados para cidades de pequeno porte, pois além de mais simples, podem ser operados manualmente.

Conforme apresenta o IBGE (2010), o Tocantins possui 139 municípios, se levarmos em consideração os dados da décima edição do estudo Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil em 2013, realizados pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), que apresenta no Tocantins uma coleta per capita de 0,657 (kg/hab./dia), apenas os municípios de Araguaína, Araguatins, Colinas, Gurupi, Palmas, Paraíso do Tocantins e Porto Nacional (7 municípios) não se enquadrariam nesta modalidade de aterro, visto que sua população multiplicada pela quantidade per capita de lixo, ultrapassa o limite estipulado para este tipo de aterro que é de no máximo 20 toneladas/dia. Mas em contrapartida 132 municípios, a maioria do Estado, se adequariam neste tipo de descarte. Isso resolveria o problema de cerca de 94,96% das cidades do estado do Tocantins em relação ao descarte de resíduos sólidos e traria para o estado, impactos positivos tanto na saúde pública, quanto na preservação do meio-ambiente como um todo.

Com base nos dados citados acima, e na Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), que obriga todos os municípios da Brasil a terem como forma de descarte de resíduos sólidos o aterro sanitário. Será apresentado no decorrer deste trabalho como é feito o projeto de um aterro sanitário em valas manual para cidades de pequeno porte, apresentando todos os passos deste tipo de projeção e, além disto, mostrando de uma forma geral todos os mecanismos que envolvem o dimensionamento do aterro.



## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Apresentar o dimensionamento de um aterro sanitário em valas para disposição final de resíduos sólidos urbanos da cidade de Barrolândia – TO

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Determinar as etapas de um projeto de aterro sanitário em valas para pequenos municípios.
- Demonstrar o dimensionamento da área e valas em planta.
- Estabelecer a rotina de disposição final dos resíduos.

## 1.2 PROBLEMA

A cidade de Barrolândia – TO apresenta níveis de produção de resíduos que comporte a execução de um aterro sanitário?

A expansão da população tem elevado o consumo, o que gera um aumento na produção de lixo e no volume de resíduos sólidos gerados pela atividade humana. Quando determinados resíduos são descartados em locais apropriados, estes não afetam a saúde pública e não geraram danos para o planeta.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Conforme pesquisa feita pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008, online), existe uma tendência nacional de aperfeiçoamento na alocação dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) coletados entre os anos de 2000 a 2008, onde os percentuais de resíduos sólidos coletados lançados em locais a céu aberto correspondiam a 72,3% no ano de 2000 havendo uma redução de 21,5% em 2008.

Para os mais variados tipos de resíduos sólidos gerados pela população de um determinado município se faz necessário um correto gerenciamento a fim de minimizar os impactos ambientais que tais resíduos podem causar. Segundo o Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM, 2001) destacam que além das atividades operacionais, o gerenciamento integrado de resíduos sólidos tem a importância de se considerar as questões econômicas e sociais envolvidas no cenário da limpeza urbana e, para tanto, as políticas públicas - locais ou não - que possam estar associadas ao gerenciamento dos resíduos, sejam elas na área de saúde, trabalho e renda, planejamento urbano, etc.

Os municípios de pequeno porte cujos possuem até 20 mil habitantes são responsáveis por 68,5% dos resíduos gerados e constituem 73% do total de municípios brasileiros. Esses mesmos pequenos municípios apresentam problemas na gestão de resíduos sólidos urbanos por carência de conhecimento, falta de recursos, assim não conseguem operar um aterro sanitário de forma adequada.

A maioria das literaturas para aterros sanitários sustentáveis em cidades de pequeno porte fazem uso de aparelhos de alta tecnologia o que invalida o projeto por falta de recursos financeiros, mas de acordo com a legislação nacional (NBR 15.849/2010) indica aterros sanitários em valas para tais municípios onde a mão-de-obra é mais simples e predominantemente manual.

Foi visto que no estado do Tocantins 132 municípios estão aptos a receber tais projetos. Atualmente grande parte destes municípios não possui a destinação adequada para seu resíduo sólido urbano, foi escolhida para a execução deste a Barrolândia, pois mesma se adequa aos critérios básicos de projeto para o aterro sanitário em valas.

Vale ressaltar que o projeto não se restringe ao somente município em questão, é apenas um exemplo para que os demais 132 municípios realizem, e beneficiem a saúde pública e preservação do meio ambiente do Estado.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

Este capítulo tem o objetivo de trazer definições, generalidades e mecanismos a respeito dos aterros sanitários e apresentar as metodologias e técnicas que são utilizadas na projeção deste tipo de descarte de RSU.

### **2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

O avanço da urbanização ocorreu após a Segunda Guerra Mundial, a partir da década de 1950. Neste período, a expansão industrial atingiu patamares importantes, estimulando o êxodo rural, a migração do campo para a cidade. A partir de então, surgiu a explosão e a consolidação do consumo em massa, logo, deu-se início ao processo de estabelecimento de uma cultura baseada no consumismo (MELLO; HOGAN, 2006; CASALECCHI, 2016).

O crescimento populacional e a intensidade da industrialização são fatores que contribuem para o aumento da produção de RSU. A sociedade adotou hábitos e costumes diferentes, tornando-se mais consumista, aceitando a imposição de padrões de consumo e com isso veio a crescente utilização de produtos com ciclos de vida menores e de embalagens descartáveis, gerando uma grande quantidade de RSU (GONÇALVES, TANAKA, AMEDOMAR, 2013)

#### **2.1.1 Histórico do lixo e do Aterro Sanitário**

Na Idade Média acumulava-se pelas ruas e mediações das cidades, gerando doenças e causando a morte de muitas pessoas, com isso surgiram os primeiros serviços de coleta de lixo, cujos eram realizados em geral pelos carrascos da cidade e seus auxiliares. A partir da segunda metade do século XIX, na Revolução Industrial iniciou-se o processo de urbanização, fazendo com que o homem do campo viesse para as cidades. Isso fez com que a população urbana aumentasse consideravelmente.

A partir de então, os impactos ambientais passaram a ter um alto grau de importância, devido a diversos tipos de poluição, inclusive a poluição gerada pelo lixo. Foi necessário programar novas medidas para amenizar a complicada situação dos bairros operários e também dos bairros nobres. A solução mais prática naquele momento foi o descarte do lixo em áreas mais distantes das cidades, conhecidos lixões.

Com as cidades cada vez mais populosas e cada vez mais industrializadas nos tempos atuais faz com que os hábitos de seus habitantes mudem, o que provoca mais diversidades e volume de lixos sendo gerados. O Brasil tem como principal tipo de lixo o orgânico, mas com

o elevado crescimento da indústria outros tipos de lixo como os produtos descartáveis vem sendo mais encontrados.

O lixo tem seu aumento progressivo em 3 vezes mais do que o crescimento populacional e, com sua destinação para os lixões vem impactando diretamente todo o meio ambiente por falta de um acondicionamento adequado, daí se deu ao início do uso de grandes buracos no solo o que antes eram feitos para o extrativismo mineral. Esses buracos foram usados para acondicionar todo o lixo, mas sem o isolamento feito por mantas começaram a surgir vazamento de chorume e, por conseguinte a contaminação dos aquíferos ali presentes. Com o passar do tempo a engenharia desenvolveu melhores técnicas de acondicionamento e gerenciamento desses resíduos.

## 2.2 DEFINIÇÕES

Serão definidos assuntos pertinentes ao tema abordado neste trabalho, com o objetivo de apresentá-lo em todas as suas formas, e logo esclarecer todas elas.

### 2.2.1 Aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos

Com forme ABNT (1992), aterro sanitário é a técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos em uma determinada área correta, preservando a saúde pública e reduzindo possíveis impactos ambientais. Este método utiliza conhecimentos de engenharia, com o objetivo de acondicionar os resíduos sólidos em áreas reduzidas e em menor volume permissível, utilizando o solo como material de cobertura dos resíduos ao final de cada dia de trabalho ou quando for necessário.

Ainda sobre a definição de aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos segundo Obladen, Obladen e Barros (2009, p. 7), é uma obra de engenharia concebida numa área estudada para o recebimento dos resíduos, devidamente cercada em seu perímetro, com um controle de rotina para o funcionamento adequado e projeto para pós-encerramento da área.

O Aterro Sanitário então pode ser estabelecido como uma obra de engenharia para o recebimento e armazenamento de resíduos sólidos urbanos, com finalidade de precaver danos à saúde da população e meio ambiente, munido de mecanismos implantados para evitar que os contaminantes gerados pela degradação do lixo não infectem corpos hídricos e a atmosfera.

### 2.2.2 Aterro controlado

Aterro Controlado de Resíduos Sólidos Urbanos é a técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza

princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-se com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho (ABNT, 1985)

### **2.2.3 Lixão**

Lixão é uma área de descarte de resíduos sólidos que não tem preparação do solo. Nele não existe sistema de tratamento para a contaminação gerada (chorume), que poderá se infiltrar no solo e infectar o corpo hídrico no subsolo. Neste método vários seres vivos convivem com o lixo livremente, e o pior são as pessoas que catam comida e materiais recicláveis para vender. No lixão, o lixo fica exposto e não há nada que evite danos ao meio ambiente e a sociedade (GONÇALVES, 2008, online).

### **2.2.4 Aterro Sanitário em Valas**

Segundo ABNT (2010, p. 2), “é a instalação para disposição para disposição no solo de resíduos sólidos urbanos, em escavação com profundidade e largura variável, confinada em todos os lados, oportunizando operação não mecanizada”

Segundo Savastano Neto et al. (2010), “o aterro sanitário em valas é uma técnica de descarte de resíduos sólidos, em municípios de pequenos portes, que produzem no máximo 20 toneladas de lixo diariamente, pois acima desse volume, seria necessária a abertura constante em valas, tornando o custo mais alto”.

“Para o perfeito confinamento dos resíduos é necessário a compactação com isso aproveitamento total do volume. Como é a uma técnica de disposição de resíduos abaixo do nível do terreno, é ideal que a área tenha relevo plano, para facilitar a escavação das valas”.

“A área necessária para a implantação deve considerar a quantidade de resíduos gerados e a vida útil do aterro. Também deverá ser prevista a área para cercamento, cinturão verde, escoamento das águas pluviais, acesso e espaço entre valas normalmente a área prevista é a mesma da área superficial das valas.”

“Para este tipo de aterro sanitário o órgão ambiental não exige a impermeabilização das valas. Na escolha do terreno são considerados o tipo de solo e sua permeabilidade, o nível de lençol freático e o excedente hídrico da região, e ainda garantir uma vida útil mínima de 15 anos, além de respeitar algumas distancias mínimas, tais como: 500 metros de núcleos habitacionais e 200 metros de qualquer corpo d’água superficial nas proximidades”. (SAVASTANO NETO ET AL. 2010)

### **2.2.5 Lei nº 12.305**

A Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), determina que os governos municipais são obrigados a elaborar os Planos Municipais Gestão Integrada de Resíduos Sólidos; encerrar os lixões; implantar a coleta seletiva; fazer a compostagem; destinar somente os rejeitos para os aterros sanitários. Se desrespeitadas estas determinações, há pena tanto para a pessoa física (gestor), quanto a pessoa jurídica (município), de acordo com diferentes trechos da lei. A omissão dos municípios os sujeita as sanções previstas especialmente na lei de Crimes Ambientais – 9.605/1998. As penalidades variam desde a detenção (reclusão de 01 a 04 anos), até multa que pode ser de R\$ 5 mil até R\$ 5 milhões e perda do mandato.

### **2.2.6 Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos**

O Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos se dá pela ação de diferentes órgãos com o mesmo intuito de realizar a limpeza urbana, coleta, tratamento e disposição final do lixo, para melhoria da saúde pública, conforme Monteiro et al. (2001) evidencia.

Também existe a relevância de se atentar por questões sociais e econômicas envolvidas na limpeza urbana, como também políticas públicas associadas a saúde, trabalho e renda, planejamento urbano, plano de conscientização da população a respeito do assunto, mostrar para as pessoas a possibilidade de gerar menos lixo, não poluir avenidas e locais públicos e o reaproveitamento de produtos descartáveis, mas que podem possuir outra utilidade, entre outros.

### **2.2.7 Resíduos Sólidos**

A ABNT (2004) define como resíduos sólidos aqueles nos estados sólidos e semissólidos, obtidos através de origem industrial, domiciliar, hospitalar, agricultura. Também são considerados como resíduos sólido os lodos advindos de sistemas de tratamento de água, os gerados em equipamentos de controle de poluição e líquidos com características que não tem possibilidade de descarte nas redes públicas de esgotos ou corpos hídricos.

O Quadro 01, ainda conforme a ABNT (2004) apresenta os resíduos sólidos classificados como não inertes e que podem ser descartados em aterros sanitários.

Quadro 1 - Classificação de alguns resíduos como não perigosos.

<b>Código Identificação</b>	<b>Descrição do Resíduo</b>	<b>Código Identificação</b>	<b>Descrição do Resíduo</b>
<b>A001</b>	Resíduos de restaurantes (restos de alimentos)	<b>A009</b>	Resíduo de madeira
<b>A004</b>	Sucata de metais ferrosos	<b>A010</b>	Resíduo de materiais têxteis
<b>A005</b>	Sucata de metais não ferrosos (latão etc.)	<b>A011</b>	Areia de minerais não metálicos
<b>A006</b>	Resíduos de papel e papelão	<b>A016</b>	Areia de fundição
<b>A007</b>	Resíduos de plásticos polimerizados	<b>A024</b>	Bagaço de cana
<b>A008</b>	Resíduos de borracha	<b>A099</b>	Outros resíduos não perigosos
NOTA: Excluídos aqueles contaminados por substâncias constantes nos anexos C, D ou E e que apresentem características de periculosidade			

Fonte: ABNT (2004)

Para a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010, p. 2) o resíduo sólido urbano é considerado qualquer material ou substância que seja oriunda de atividades humanas, e que tenha um processo de destinação final para o resíduo afim de que não fiquem ao ar livre poluindo a atmosfera com gases, corpos hídricos com lixiviados e causando malefícios a saúde pública.

### 2.2.8 Chorume

Para Luz (1981 apud SCHALCH et al., 2002), chorume ou sumério é o líquido originado da decomposição do lixo e que é gerado por:

- umidade do lixo, principalmente em grandes períodos de chuva;
- água de constituição dos materiais, que se acumula durante a decomposição;
- líquidos provenientes da decomposição da matéria orgânica.

### **2.2.9 Biogás**

No Brasil os resíduos sólidos geram um tipo de biogás que normalmente apresenta elevado nível de Metano, maior que 55%, e de Dióxido de Carbono, superior a 30%.

Conforme o site do Ministério do Meio Ambiente (2015, online), o biogás começa a ser emanado depois que é feita a disposição dos resíduos sólidos no aterro sanitário, os primeiros registros de metano podem ser perceptíveis com três meses, podendo continuar por um período de 20, 30 ou até mais anos depois do encerramento do aterro.

Segundo (IPCC, 1995) o gás proveniente dos aterros contribui consideravelmente para o aumento das emissões globais de metano. As estimativas das emissões globais de metano, provenientes dos aterros, oscilam entre 20 e 70 Tg/ano, enquanto que o total das emissões globais pelas fontes antropogênicas equivale a 360 Tg/ano, indicando que os aterros podem produzir cerca de 6 a 20 % do total de metano.

## **2.3 PLANEJAMENTO**

Esta etapa consiste no planejamento adequado do aterro sanitário, executado através de estudos detalhados sobre o assunto, sempre visando o menor impacto ambiental possível.

### **2.3.1 Estudos Preliminares**

Os estudos preliminares têm como objetivo entender as características necessárias para a escolha do tipo de sistema que será adotado. Logo, serve de embasamento para o controle ao longo de todo o monitoramento da operação de aterramento dos resíduos da área utilizada. Esses estudos têm duas partes: caracterização do município e diagnóstico do gerenciamento de resíduos sólidos utilizados.

As características do município que são importantes para o projeto de aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos, é cabível citar dados sobre a população, as atividades socioeconômicas e a infraestruturas do município para os serviços de saneamento básico.

Nos estudos preliminares é importante que seja feito um diagnóstico do gerenciamento de resíduos sólidos no município de estudo. Todas as etapas, desde a geração até o destino final devem ser levantadas. Com dados qualitativos e quantitativos sobre as atividades de gestão é possível que se faça um planejamento de melhoria no sistema. São fundamentais informações sobre a geração per capita de resíduos sólidos domésticos e serviços de limpeza na cidade que serão executados (CASTILHO JUNIOR, 2003).



### 2.3.2 Seleção da Área

Conforme Monteiro et al. (2001), a seleção da área para alocação dos resíduos sólidos deve seguir os requisitos mínimos exigidos pela legislação federal, estadual e municipal, ou seja, precisa estar numa distância de no mínimo de mil metros de residências que abriguem 200 ou mais habitantes e não poderá se situar próximo a aeroportos ou aeródromos. Para melhor escolha do local, é preciso escolher onde o uso do solo seja rural ou industrial e fora de qualquer local protegido ambientalmente e não se situar a menos de 200 metros de corpos d'água relevantes.

As recomendações pelas normas federais e estaduais são as seguintes:

- Para aterro impermeabilizado com manta plástica, a distância do lençol freático não deverá ser menor que 1,5 metros.
- Para aterro impermeabilizado com camada de argila, a distância do lençol freático não pode ser inferior a 2,5 metros e a camada impermeabilizante deverá ter um coeficiente de permeabilidade abaixo de  $10^{-6}$  cm/s.

Ainda sobre o local selecionado, o solo deve possuir propriedades predominantemente argilosas, para garantir a impermeabilidade natural. O local deve estar próximo a jazidas de material de cobertura, assim sempre que for necessário cobrir o lixo na vala o acesso à jazida será ágil, pois terá abundância.

Para a drenagem das águas pluviais, é necessário que a sua bacia seja pequena, assim evita que grandes volumes de água se acumulem na área do aterro.

### 2.3.3 Licenciamento Ambiental

Segundo o Art. 5º da Resolução nº 308 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002), o órgão ambiental competente, ao constatar que o aterro sanitário não produz significativo risco de impacto ambiental, poderá dispensar o Estudo de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto Ambiental – EIA RIMA, definindo para este caso, estudos ambientais que se façam necessários ao processo de licenciamento.

Conforme KROETZ et al., s/d, p. 4, o processo de licenciamento ambiental do aterro sanitário nas suas diversas etapas: Licença Prévia (LP), Licença de Implantação (LI) e Licença de Operação (LO). Os custos de licenciamento para aterros sanitários variam em função do potencial poluidor do mesmo.

### **2.3.4 Aquisição do Local**

Na fase de planejamento a escolha do local pode gerar um grande custo para a administração pública, mas isto pode ser revertido caso a prefeitura disponha de alguma área em nome dela e que possa ser utilizada, pois neste caso se dá preferência a estes locais, assim diminuindo os gastos com aquisição de terreno. O grande problema da aquisição é que isso poderá acarretar em maiores gastos, visto que existem possibilidades de o local ser habitado e ter que ser desapropriado. Muitas vezes pelo dono não querer vender ou até mesmo por falta de recursos dos municípios, os locais escolhidos são alugados, e nesse caso os custos são contabilizados anualmente como referente à operação do aterro (KROETZ et al., s/d).

## **2.4 PARTES CONSTITUINTES DO PROJETO**

Logo serão descritas as partes que irão constituir o projeto a fim de que se tenha entendimento para implantá-lo.

### **2.4.1 Memorial Descritivo**

Segundo Castilhos Junior (2003), memorial descritivo é a etapa do projeto que resume os estudos preliminares e encaminha para o tipo de aterro que será implantado. É de suma importância que estejam inseridas no memorial descritivo as informações cadastrais, informações sobre os resíduos que serão descartados no local, caracterização da área, concepção e justificativa do projeto, detalhamento e especificações dos elementos do projeto, operação e o que será feito na área futuramente.

#### 2.4.1.1 Informações Cadastrais

Deverão constar nas informações cadastrais, os dados, bem como as qualificações dos responsáveis técnicos pela área onde futuramente serão descartados os resíduos sólidos, e também deverá ser adotado para os autores do projeto. Todos os profissionais envolvidos deverão ser habilitados junto ao Conselho Regional de Engenharia e Agronomia - CREA (CASTILHOS JUNIOR, 2003).

#### 2.4.1.2 Informações sobre os Resíduos

Conforme a ABNT (1992, p. 3), deverão ser fornecidas as seguintes informações:

- a) origem, qualidade e quantidade diária e mensal, frequência e horário de recebimento,
- b) características dos equipamentos de transporte e

c) massa específica dos resíduos.

#### 2.4.1.3 Caracterização da Área

A caracterização da área é adquirida com base em levantamentos topográfico, geológico e geotécnico, climatológico e uso de água e solo. Caso o município seja de pequeno porte, haverá necessidade de confecção de projeto das informações dos levantamentos (CÀSTILHOS JUNIOR, 2003)

##### *2.4.1.3.1 Localização e caracterização topográfica*

Segundo ABNT (1992, p. 3), deverá ser mostrado um levantamento plano altimétrico, obedecendo a uma escala de no mínimo 1:1000, indicando o local do aterro sanitário e seu entorno, bem como ruas próximas, ponto geográficos,

##### *2.4.1.3.2 Caracterização geológica e geotécnica*

De acordo com a ABNT (2010), devem ser apresentados estudos geológicos e geotécnicos do local do aterro, avaliando riscos de contaminação da água e capacidade do suporte do solo de fundação. A investigação deverá ser feita sempre no final de períodos de chuva. Devem contar na investigação o mapeamento da área e a sondagem com ensaio SPT (Standard Penetration Test), somados com ensaio de permeabilidade in situ. Para se conhecer as características do subsolo, deve ser feita uma quantidade de sondagens que permita isso.

##### *2.4.1.3.3 Levantamento climatológico*

Conforme explica Castilhos Junior (2003), as características climatológicas do local servem para se ter a percepção do quanto será gerado de lixiviados. Os índices pluviométricos apresentarão se haverá necessidade da cobertura através de telhado para as valas. Há uma grande preocupação em regiões onde o índice de chuvas é elevado, visto que a água é a principal contribuinte para a elevação do volume dos lixiviados gerados pelos resíduos, fazendo-se essencial a instalação de telhados nas valas em operação, o que resultará em um sistema de tratamento do chorume menos sobrecarregado.

##### *2.4.1.3.4 Caracterização e uso de água e solo*

Segundo a ABNT (1992, p. 3), devem ser indicados os usos dos corpos de água próximos, bem como dos poços e outras coleções hídricas.

#### *2.4.1.3.5 Concepção e justificativa de projeto*

Devem ser apresentadas a justificativa e a concepção de projeto no que se refere a:

a) natureza e à posição relativa das instalações que farão parte da obra;

b) Plano de Monitoramento ambiental;

c) Plano de Encerramento do Aterro Sanitário de pequeno porte, contemplando o uso futuro da área, após o encerramento da vida útil do aterro (ABNT, 2010).

### **2.4.2 Elementos do Projeto**

Os Elementos de projeto para aterros em valas compreendem por:

#### 2.4.2.1 Isolamento do Aterro

Conforme determina a ABNT (2010), deve ser apresentada a solução utilizada para isolar o aterro, por meio de barreira que impeça o transito de animais e pessoas. Este isolamento terá que ser feito juntamente com cerca viva arbórea por todo o perímetro da área da obra. O aterro também deverá ter faixa de proteção sanitária e controle para prevenção de incêndios entre o maciço do aterro até à cerca do perímetro.

#### 2.4.2.2 Sistema de drenagem das Águas Pluviais

Devem ser descritos os mecanismos que serão implantados para a execução eficaz da drenagem de águas pluviais, com intuito de reduzir significativamente o acumulo de água no local do aterro sanitário, de caminhos potenciais geradores de erosão do solo e o aporte de água nos locais onde os resíduos serão descartados (ABNT, 2010).

#### 2.4.2.3 Sistema de Drenagem de Lixiviados

Conforme apresenta Castilho Junior (2003), os lixiviados gerados da decomposição dos resíduos sólidos nas valas devem ser escoados para fora e receberão tratamento adequado. A drenagem do chorume pode ser projetada de forma a garantir a percolação dele entre os resíduos sólidos, acelerando o processo de biodegradação dos resíduos, pois os microrganismos degradadores estão presentes no chorume.

#### 2.4.2.4 Sistema de Tratamento de Lixiviados

De acordo com o site Cetesb (s/d, online), após coletado, o chorume deve ser devidamente tratado para então poder ser descartado em corpos hídricos. O tratamento pode ser feito no aterro sanitário ou em uma Estação de Tratamento de Esgotos. Normalmente os

tipos de tratamento utilizados são o tratamento biológico (lagoas anaeróbias, aeróbias e de estabilização), tratamento por oxidação (evaporação e queima) ou tratamento químico (introdução de substâncias químicas ao chorume).

#### 2.4.2.5 Impermeabilização da Base e Laterais

As valas deverão armazenar os resíduos aterrados e os líquidos gerados, fazendo com que o impacto ambiental seja o mínimo possível. Para isolar o aterro de futuras infiltrações, deverá ser projetado um sistema impermeabilizante de forma eficaz na base e nas laterais da vala. Os municípios de pequeno porte geram menos resíduos, fazendo com que seja mais fácil utilizar sistemas simplificados como a adoção de revestimentos minerais e caso as características do solo da área tenham permeabilidade satisfatória, poderá ser utilizado sem nenhum problema e ainda reduzira os custos. (CASTILHO JUNIOR, 2003) Não sendo possível a impermeabilização com o solo da área, o projeto deverá prever a colocação de mantas plásticas como pode ser visualizado na figura 1.

Figura 1 – Manta para impermeabilização



Fonte: Inovageo (s/d, online).

#### 2.4.2.6 Sistema de Drenagem e Tratamento de Gases

De acordo com Lange et al. (2008, p. 87), em aterros sanitários o subproduto, conhecido como gases, originários da degradação do lixo tem como composição basicamente o metano ( $\text{CH}_4$ ) e o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Caso não sejam drenados e tratados podem agredir a atmosfera do planeta contribuindo para o efeito estufa. O estudo dessa geração de

gases concluiu que de 370 a 400 Nm<sup>3</sup> de biogás vão para a atmosfera, esses valores são usados como base para o dimensionamento do sistema de drenagem dos gases.

No sistema de drenagem do biogás, são empregados drenos horizontais e verticais, mas o mais utilizado é o vertical. Esses drenos são interligados aos drenos horizontais de captação de chorume. Suas dimensões podem variar de 50 a 100 cm, salva para aterros de grande porte onde o diâmetro pode chegar até 150 cm, preenchido com britas com granulometria de 3 a 5.

As Figuras 2 e 3 apresenta o detalhe do dreno que tem a função de escoar os gases gerados no aterro sanitário:

Figura 2 - Detalhe do dreno de captação de gases no aterro sanitário



Fonte: Schalch et al. (2002)

Figura 3 - Detalhe do tratamento do gás pela queima



Fonte: Pólita Gonçalves s/d

Logo após o biogás ser drenado, é encaminhado para o tratamento. O meio de menor custo para tratá-lo é queimando, pois dessa maneira diminui-se o efeito poluidor causado por ele na atmosfera, lembrando que o metano é cerca de 21 vezes mais nocivo para o efeito estufa do que o dióxido de carbono (LANGE et al., 2008).

#### 2.4.2.7 Acessos

As técnicas adotadas para execução das vias de acesso e de circulação interna do empreendimento devem ser descritas, afim, de oferecer acesso permanente aos caminhões que fazem a coleta dos resíduos sólidos. Também deve ser indicado o portão de entrada e junto a ele, uma edificação equipada em que um funcionário controlará e fiscalizará a entrada e saída de veículos do local (ABNT, 2010). No acesso ao terreno deve ser pavimentado, sem rampas íngremes e sem curvas acentuadas.

#### 2.4.2.8 Cobertura Intermediária e Final

O sistema de cobertura tem o objetivo de forma significativa à proliferação de vetores, bem como diminuir o volume de lixiviados, reduzir os odores e impedir o escoamento do biogás para a atmosfera. A cobertura diária é realizada ao final dos trabalhos do dia, conforme pode ser visualizado nas Figuras 4 e 5, já a cobertura intermediária é necessária naqueles locais onde a superfície ficará inativa por mais tempo, aguardando, por exemplo, a conclusão de um patamar para início do seguinte.

A cobertura final tem a função de preservar o máximo possível às valas das águas pluviais, o que sem essa cobertura poderia implicar em aumento do volume de lixiviado, bem como no escoamento dos gases para a atmosfera. A cobertura final também favorece a recuperação final da área e o crescimento de vegetação. Como camada de cobertura dos resíduos, é importante que seja utilizado um solo argiloso-arenoso, pois este tipo de material apresenta menor retração por secagem em relação a solos com alto volume de teor de argila (CASTILHO JUNIOR, 2003)

Figura 4 - Resíduos sendo descarregados na vala



Fonte: Idealambiental (s/d, online)

Figura 5 - Nivelamento e cobertura dos resíduos sendo realizados diariamente



Fonte: Engeoconsult (s/d, online)

#### 2.4.2.9 Monitoramento das águas do subsolo

Segundo a ABNT (2010), no que diz respeito ao monitoramento das águas do subsolo, o descarte de resíduos sólidos no solo não pode afetar a qualidade das águas subterrâneas, com isso, se faz necessário o monitoramento das águas subterrâneas, a fim de se houver algumas alterações negativas na composição das águas. Este monitoramento deve ser feito pelo menos a partir de amostras de um poço de monitoramento a montante e outros três a jusante do aterro, sem estar alinhados com o sentido de fluxo subterrâneo das águas. A eventual supressão do monitoramento ou sua implementação sob outros critérios, deve ser devidamente fundamentada pelo projetista e liberada pelo Órgão Ambiental.

#### **2.4.3 Memorial Técnico**

O memorial técnico deve conter de forma detalhado a descrição das premissas conceituais, metodologias empregadas e o memorial de cálculo que será utilizado para dimensionar o aterro sanitário de pequeno porte e os demais mecanismos e sistemas que o compõem (ABNT, 2010).



### 3. METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados os processos referentes a cálculos e locais cujos irão ser utilizados para conseguir os dados e posteriormente o dimensionamento dos sistemas do projeto.

#### 3.1 PESQUISAS BIBLIOGRÁFICAS

Para ter o estudo sólido e desenvolvimento que será realizado no TCC I, foi feita ampla pesquisa bibliográfica em livros, manuais, páginas de internet, normas da ABNT.

#### 3.2 ESCOLHA DO LOCAL DA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO

Feito o referencial teórico, foi pontuadas algumas diretrizes consideradas relevantes para a escolha de terrenos para implantação de aterros. Para consolidar as diretrizes, foram utilizados como base os estudos de Procópio e Annicchino (2013). Para definir o melhor terreno é preciso considerar os seguintes aspectos:

**3.2.1 Propriedade** – Quando a área é do governo, não é preciso arrendar ou adquirir a mesma. Em determinadas situações, quando o terreno é particular o órgão de limpeza urbana e o proprietário do terreno fazem contrato para o aterramento do mesmo, e ao final do prazo contrato, o terreno é recuperado em partes.

**3.2.2 Tamanho da área** – Em relação a área, esta foi utilizada, por um determinado período que justifique os investimentos feitos na mesma. Admite-se no mínimo cinco anos de utilização, e em algumas ocasiões, justifica-se a utilização de áreas com menores capacidades.

**3.2.3 Localização** – No que tange a localização, a melhor área e aquela que:

- “Estar próxima da zona de coleta (no máximo 30 km para ida e volta)”;
- “Apresentar vias de acesso em boas condições de tráfego para os caminhões, inclusive em épocas de chuvas, com o mínimo de aclives, pontes estreitas e outros inconvenientes”;
- “Estar afastada de aeroportos ou de corredores de aproximação de aeronaves, já que o lixo atrai urubus, que podem provocar acidentes aéreos”;

- “Está afastada à no mínimo 2 km de zonas residenciais adensadas para evitar incômodos ao bem-estar e a saúde dos moradores. Estar afastada de cursos de água, nascentes e poços artesianos, em virtude da possibilidade de contaminação das águas”;
- “É servida por redes de telefones, energia elétrica, água, transportes e outros serviços, o que facilitara enormemente as operações de aterro”;
- “Apresenta jazidas acessíveis de material para cobertura do lixo, par a revestimento de pistas de acesso e impermeabilização do solo. Apresenta posicionamento adequado em relação a ventos dominantes”.

A figura 6 demonstra a área que foi escolhida para a implantação do mesmo.

Figura 6 - Área escolhida para a implantação



Fonte: Próprio Autor, (2018)

### 3.3 OBJETOS DE ESTUDO

O presente trabalho foi realizado no município Barrolândia no estado do Tocantins no período de agosto de 2018 até outubro de 2018.

Para a elaboração de projetos deste tipo inicialmente escolhe-se um terreno de preferência pertencente a prefeitura afim de minimizar os custos de locação e/ou desapropriação, no processo de licenciamento ambiental do aterro sanitário consta as etapas de: Licença Prévia (LP) e Licença de Operação (LO) junto aos estudos de impactos ambientais (EIA/RIMA) feitos para caracterizar o potencial poluidor do aterro em questão seguindo as exigências dos órgãos de controle ambiental da região.

Após a escolha do local de implantação do aterro, se faz o levantamento topográfico, geotécnico e o plano de execução da obra, tudo devidamente assistido por profissionais contratados e capacitados na área do projeto.

Na etapa de escavação pode ser feita manualmente fazendo uso de pás ou maquinário de pequeno porte com profundidades variáveis para atender a demanda diária de resíduos urbanos do município, uma manta de alta resistência (PEAD) cobre as partes internas da vala para impermeabilizar assim a região adjacente ao aterro não será impactada pelos contaminantes presentes nos resíduos sólidos.

O dimensionamento do volume das valas é feito com base nos cálculos de quanto à área escolhida suporta e quantidade de resíduos sólidos urbanos coletados por dia, apresentados no memorial de cálculo.

O lançamento dos resíduos nas valas é através do descarregamento dos mesmos caminhões que recolhem o lixo no município podendo ter o uso de operários com pás, o espalhamento dos resíduos na vala também é feito manualmente para melhor adequar o volume dos mesmos, a compactação é realizada pelo peso próprio dos resíduos sólidos na vala, ao final do processo a vala estará completamente preenchida pelos resíduos e para isolá-la será usado uma camada de solo.

A técnica para realização do projeto foi baseada na NBR 15.849/2010 onde faz uso mínimo de maquinário pesado para escavação, compactação, espalhamento dos resíduos coletados e cobertura de solo.

Segundo a NBR 8419/1992 o aterro sanitário consiste em uma técnica para melhor disposição dos resíduos sólidos urbanos no solo utilizando princípios de engenharia para enclausurar os resíduos e com cobrimento de terra a cada encerramento de jornada de trabalho, sem danos graves ao meio ambiente, saúde pública e a sua segurança.

### 3.4 DETERMINAÇÃO DA VIDA ÚTIL DO ATERRO

Seguindo a norma ABNT (2010) para projetos de aterro sanitário em valas onde prescreve a vida útil de no mínimo 15 anos, foi a orientação para o município de Barrolândia – TO.

### 3.5 DIMENSIONAMENTO DAS VALAS

Primeiro passo para o dimensionamento foi o levantamento da população atual e seu crescimento com o passar dos anos e também a produção per capita, a quantidade dos resíduos urbanos coletados de acordo com gerado e assim obter o percentual.

### 3.5.1 Previsão de crescimento populacional do município

Para o cálculo de crescimento da população do município de estudo, a partir de dados coletados do IBGE e com uso de uma planilha através da ferramenta Microsoft Office Excel, foi obtido o crescimento da população para cada ano de vida útil do aterro sanitário.

### 3.5.2 Produção diária de R.S.U e produção per capita

Produção diária de R.S.U. (Pd):

$$Pd = Pm / 7 \text{ (kg), equação 1}$$

Em que:

$Pm = \sum$  pesagens dos resíduos na semana (kg)

Produção de resíduos per capita (Ppc):

$$Ppc = Pd / P * \eta \text{ (kg/habitante*dia), equação 2}$$

### 3.5.3 Levantamentos de volume diário e anual de ocupação para todos os anos do projeto

Volume diário de ocupação (Vd):

$$Vd: ((P * Ppc * \eta) / d] * tc \text{ (m}^3\text{/dia), equação 3}$$

Em que:

p = População urbana atual (habitantes)

Ppc = Produção de resíduos per capita (kg/habitante\*dia)

$\eta$  = Abrangência do serviço de coleta(%)

d = Densidade de resíduo 1 (kg/m<sup>3</sup>)

<sup>1</sup> A densidade (d) dos resíduos sólidos compactados é empregada para o cálculo do volume da trincheira a ser escavada. Segundo Castilhos Junior (2003), normalmente utiliza-se a densidade entre 400 e 500 kg/m<sup>3</sup>.

$T_c$  = Fator de material de cobertura (%)

Volume anual de ocupação ( $V_a$ ):

$$V_a = V_d * 365, \text{ equação 4}$$

### 3.6 VOLUMES E DIMENSÕES DAS VALAS

#### 3.6.1 Volume médio diário de ocupação ( $V_{md}$ )

$$V_{md} = \sum V_a (2018 \text{ a } 2033) / (\text{vida útil do aterro} * 365), \text{ equação 5}$$

#### 3.6.2 Volume médio mensal de resíduos ( $V_{mm}$ )

No cálculo do volume da trincheira, foi necessário o cálculo do volume médio mensal de resíduos, como também foi adotada a quantidade de meses necessária para preenchê-la, de acordo com Castilhos Junior (2003), o período mais usual varia entre 2 e 4 meses.

$$V_{mm} = V_{md} * 30 \text{ (m}^3\text{/mês)}, \text{ equação 6}$$

#### 3.6.3 Volume da trincheira ( $V_t$ )

$$V_t = n^\circ \text{ meses} * V_{mm} \text{ (m}^3\text{)}, \text{ equação 7}$$

As valas terão a forma trapezoidal, para melhorar impermeabilização através de manta plástica. Segundo a ABNT (2010), a profundidade poderá ser de no máximo 3 metros, com laterais inclinadas (1:1).

#### 3.6.4 Comprimento médio da trincheira ( $L$ )

$$L = V_t / \text{Área (m)}, \text{ equação 8}$$

$$\text{Área} = [(B + b) / 2] * p \text{ (m}^2\text{)}, \text{ equação 9}$$

Em que:

B = Base maior (m)

b = Base menor (m)

p = Profundidade (m)

### 3.6.5 Volume de ocupação dos resíduos por trincheira (Vo)

No cálculo do volume de ocupação dos resíduos para cada trincheira foi utilizada a fórmula criada por Marcelo Rigonatto, cujo na área de estatística e modelagem matemática ele é um especialista:

$$V_o = \frac{h}{3} * (SB + (\sqrt{SB * Sb}) + Sb), \text{ equação 10}$$

Em que:

Vo = Volume de ocupação dos resíduos por trincheira

h = Altura da trincheira

SB = área da base maior

Sb = área da base menor

### 3.6.6 Volume de escavação das Valas (Ve)

Para calcular o volume de escavação das valas, também foi utilizada a fórmula criada por Marcelo Rigonatto que é especialista em estatística e modelagem matemática. Nesse caso em razão do projeto de aterro sanitário dispor de impermeabilização através de geomembrana, a alteração fica em relação ao comprimento, largura e profundidade que em razão da impermeabilização necessitaram de acréscimo de 60 cm de solo adequado a este tipo de serviço.

$$V_e = \frac{h}{3} * (SB + (\sqrt{SB * Sb}) + Sb)$$

## 3.7 DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE CÉLULAS (VALAS) PARA OS ANOS DE VIDA ÚTIL DO PROJETO

No cálculo para determinar o número de células foi utilizada a seguinte equação:

$$\text{Nº de Células} = \sum V_a (2018 \text{ a } 2033) / V_o, \text{ equação 11}$$

<sup>2</sup> A largura da base maior (B), que fica na superfície do terreno foi adotada respeitando o que a ABNT (2010) exige, não podendo superar os 8 m.

### 3.8 DIMENSIONAMENTO DA ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO

Área superficial (As):

$$As = L * b \text{ (m}^2\text{), equação 12}$$

Esse cálculo da área superficial de cada célula serviu para se determinar conforme com a quantidade de valas que serão escavadas.

### 3.9 DIMENSIONAMENTO DA IMPERMEABILIZAÇÃO DA BASE E LATERAIS DAS VALAS

Devido não se saber a qualidade dos solos de cada cidade do estado do Tocantins e também para garantir maior segurança na proteção contra infiltrações, serão utilizadas mantas plásticas de alta densidade para a impermeabilização da base e laterais das valas. Segundo Castilhos Junior (2003), normalmente as geo membranas cobrem uma camada de solo compactado, com espessura mínima de 60 cm e k (condutividade hidráulica) menor que  $10^{-7}$  cm/s. As combinações desses dois critérios garantem que não ocorra algum vazamento dos líquidos residuais para o lençol freático.

#### 3.9.1 Dimensionamento do solo

A recomendação para cada camada de solo da impermeabilização é de 60 cm.

Volume de solo necessário para uma célula = Volume de escavação das valas – Volume de ocupação dos resíduos por trincheira, equação 13.

Volume de solo necessário para o aterro = Volume de solo necessário para uma célula \* quantidade em valas a serem escavadas, equação 14.

### 3.9.2 Dimensionamento da manta

Considerando 1,5 m de ancoragem para cada lado.

Na lateral considerada: diagonal =  $b^2 + c^2$ , equação 15

Em que:

Diagonal = Comprimento do talude, desde a base até o topo,

Área lateral maior (são duas) = diagonal \* ((Base + Topo) / 2), equação 16

Área lateral menor (são duas) = diagonal \* ((Base + Topo) / 2), equação 17

Área da base = Comprimento da base \* Largura da base), equação 18

Ancoragem = Perímetro do topo \* 1.5, equação 19

Área da manta por vala = (2 \* Área lateral maior) + (2 \* Área lateral menor) + Área da base + Ancoragem, equação 20

Área da manta para o aterro = Área da manta por vala \* Quantidade em valas a serem escavadas, equação 21

### 3.10 DIMENSIONAMENTOS DO SISTEMA DE DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS

O dimensionamento do sistema de drenagem das águas pluviais foi necessário em razão do acúmulo das águas nas valas aumentar o volume de chorume gerado, com isso podendo gerar uma sobrecarga no seu sistema de tratamento e prejudicar o preenchimento adequado das valas. Conforme Oliveira (2013) para dimensionar a vazão do sistema, é utilizado o Método Racional, que consiste na utilização da seguinte fórmula:

$$Q = C * i * A, \text{ equação 22}$$

Em que:



$Q$  = Vazão a ser drenada ( $m^3/s$ );

$A$  = Área da bacia contribuinte ( $m^2$ );

$C$  = Coeficiente de escoamento superficial (tabelado; adimensional);

$i$  = Intensidade da chuva crítica ( $mm/h$ )

$$i = K * T^a / (t + b)^e, \text{ equação 23}$$

Em que:

$T$  = período de retorno (anos)

$t$  = duração da precipitação (minutos)

$K, a, b, e$  = parâmetros relativos à localidade

Para o dimensionamento do canal de águas pluviais foi utilizada a Equação de Chézy-Manning, a seguir descrita:

$$Q = 1 / n * S * RH^{2/3} * I^{1/2}, \text{ equação 24}$$

Através desta equação foi possível extrair o diâmetro ( $D$ ) do canal.

Em que:

$Q$  = Vazão de projeto = vazão a ser drenada ( $m^3/s$ );

$n$  = Coeficiente de rugosidade ( $0,013$  = Coeficiente de Manning - para canais de concreto);

$S$  = Área da seção transversal molhada ( $m$ ) =  $(\pi * D^2)/8$ ;

$RH$  = Raio hidráulico da seção ou perímetro molhado ( $m$ ) =  $D/4$ ;

$I$  = Declividade do canal =  $0,02$   $m/m$ .

### 3.11 DIMENSIONAMENTOS DO SISTEMA DE DRENAGEM E TRATAMENTO DE LIXIVIADOS

De acordo com Obladen e Barros (2009), é aconselhável que se calcule o valor da vazão do percolado através método suíço:

$$Q = 1/t * P * A * K \text{ (L/s), equação 25}$$

Em que:

$Q = \text{Vazão (L/s)}$

$K = 0,35$  (geralmente adotado para aterro com compactação entre 0,4 e 0,7 t/m<sup>3</sup>)

$A = \text{Área do aterro (m}^2\text{)}$

$P = \text{Precipitação anual (mm/ano)}$

$t = 31.536.000$  (seg/ano)

O critério básico para dimensionamento da lagoa facultativa, segundo Hennann e Gloyna (apud Obladen, Obladen e Barros, 2009), se aplica nas seguintes fórmulas:

$T = 3,5 * [(Y / 200) * (1,072^{(35-t)})]$ , equação 26

Em que:

$T = \text{Tempo de detenção em dias}$

$T = \text{Temperatura média (}^\circ\text{C)}$  - geralmente igual a 25°C

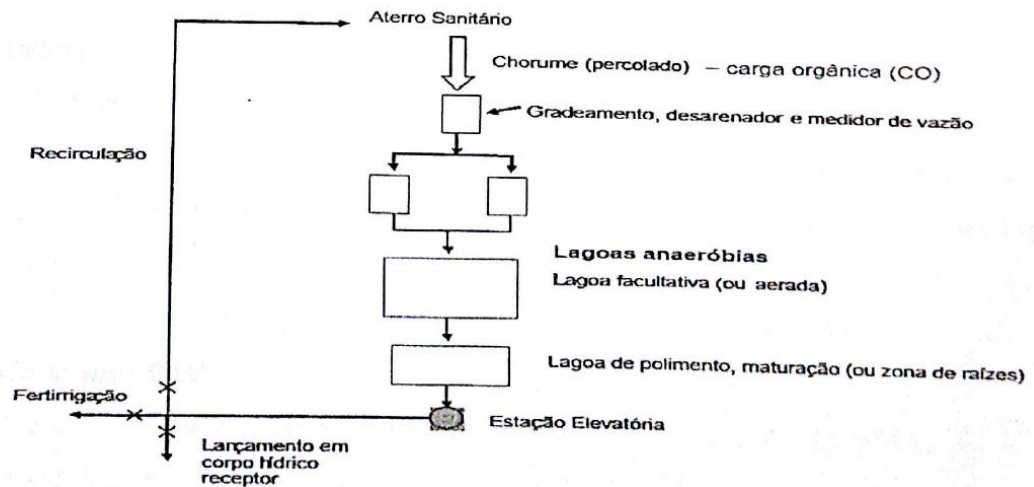
$Y = \text{DBO (Demanda bioquímica de oxigênio), (mg/1)}$  - geralmente com redução de 50% tendo em vista a eficiência do tratamento anaeróbio. Obtendo-se o tempo de detenção (T) é possível calcular o volume da lagoa.

Volume da Lagoa Facultativa:

$V = Q$  (m<sup>3</sup>/dia) x  $T$  (dias) (m<sup>3</sup>), equação 27

Adotando-se a relação de 1:2 dos taludes, e a profundidade por volta de 1,50m, obtêm-se as dimensões de superfície e profundidade da lagoa. A profundidade poderá ser aumentada em cerca de 0,50 a 1,00m para compor o bordo livre da lagoa. O fundo e as laterais deverão ser impermeabilizados mediante o uso de geo mantas. A Figura 07 apresenta o fluxograma previsto para o chorume.

Figura 7 - Fluxograma para o chorume gerado no aterro sanitário



Fonte: Obladen e Obladen (2009)

### 3.12 DIMENSIONAMENTOS DO SISTEMA DE DRENAGEM E TRATAMENTO DE GASES

Segundo a ABNT (2010, p. 7 e 8), a adoção do Sistema de drenagem dos gases deve ser considerada conforme o Quadro 02, especialmente quando forem significativas:

- A fração orgânica presente nos resíduos a serem dispostos;
- A altura final do aterro sanitário de pequeno porte.

Quadro 2 – Instruções para drenagem dos gases

Características de operação		Altura final do aterro (m)	
		$\leq 3$	$> 3$
Fração orgânica dos resíduos (%)	$\leq 30$	Dispensar*	Dispensar*
	$> 30$	Dispensar*	Considerar*

\* Os termos "dispensar" e "considerar" são de caráter orientativo, cabendo ao projetista decidir e justificar a adoção ou não deste elemento de proteção ambiental.

Fonte: ABNT (2010, p. 5)

Se optasse por fazer o escoamento dos gases gerados, segundo Lange et al. (2008) aconselha que se utilizem drenos verticais ou horizontais para a retirada do gás. Os drenos verticais são mais utilizados, sendo interligados com os drenos horizontais de lixiviados. Para o dimensionamento do dreno vertical, utiliza-se as equações de fluxo de fluidos (neste caso um

gás), em meios porosos (brita) ou mesmo em tubulações. Porém, normalmente, adota-se um dimensionamento empírico do sistema vertical de drenos. Contudo, os drenos verticais possuem diâmetros que variam de 50 cm a 100 cm, sendo preenchidos com brita 3, 4 ou 5.

### 3.13 ISOLAMENTOS DO ATERRO

Conforme a ABNT (2010) terá a necessidade de isolamento do aterro por meio de barreira física, com o objetivo de impedir o acesso de pessoas não autorizadas e animais. Também foi necessário prever uma cerca viva arbustiva ou arbórea ao logo do perímetro do aterro.

### 3.14 COBERTURA FINAL

Segundo Castilhos Junior (2003), no encerramento de cada célula deve ser feito o cobrimento final do solo fértil para facilitar o plantio e crescimento da vegetação no local da célula. A espessura da cobertura deve ser de aproximadamente 60 cm.

### 3.15 PROJETO EXECUTIVO

Conforme a ABNT (2010) prescreve, o projeto foi apresentado com plantas e desenhos que possibilitem a sua compreensão contemplando os seguintes itens:

- a) Sequências construtivas do aterro sanitário com indicação de áreas de disposição dos resíduos, limites da área total que poderá ser utilizada, vias internas e preenchimento da área até o fim da vida útil do projeto;
- b) Configuração final do aterro;
- e) Acessos, portões, isolamento do aterro por meio de barreira física, guarita e edificações que sejam necessárias;
- d) Sistemas de proteção ambiental necessários;
- e) Localização dos pontos de coleta de águas superficiais.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 ESCOLHA E DADOS DO MUNICÍPIO

O propósito deste trabalho é apresentar como é elaborado o projeto de aterro sanitário em valas para as pequenas cidades do estado do Tocantins que geram até 20 toneladas/dia de resíduo sólido urbano. Como modelo para execução deste dimensionamento, foi escolhido o município de Barrolândia – TO (figura 08), aproximadamente 90 km da capital Palmas - TO. Conforme o último censo realizado pelo IBGE que data no ano de 2010, este município possuía uma população de 4.731 habitantes.

Figura 8 - Mapa do município de Barrolândia – TO.



Fonte: IBGE (2010, online).

Levando em consideração os dados da ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, que realizou o estudo "Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil" em 2013, constatando que o estado do Tocantins teve uma coleta per capita de 0,657 kg/hab/dia, o município de Barrolândia - TO, atendendo os requisitos para o trabalho, visto que se multiplicamos a quantidade de habitantes estimada, pela média de resíduos gerada segundo a pesquisa, a quantidade não ultrapassará o valor máximo de 20 toneladas/dia, que é o ideal para aterros sanitários de pequeno porte.

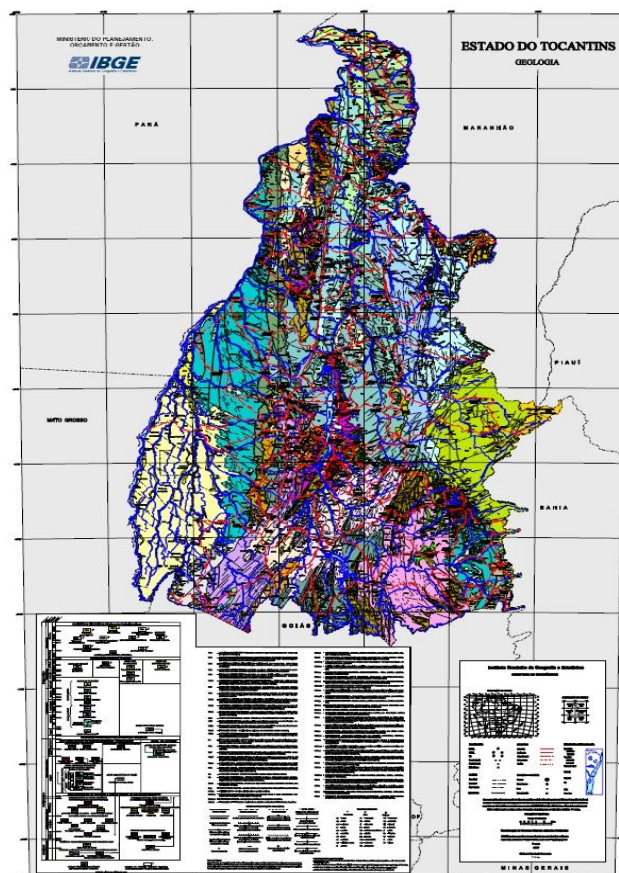
### 4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS DA ÁREA SELECIONADA PARA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO

A área selecionada para a implantação do aterro sanitário possui as seguintes características:

- Distância aproximada de 30 km da cidade;
- A área apresenta topografia suave, com declividade de 1 %;
- O Solo tipo Sardinha: basalto preto com estrutura amigdaloidal (vulcânico), comumente alterado para material de natureza argilosa e cor vermelho escuro a arroxeado;
- A vegetação é constituída pasto, com esparsas espécies arbóreas nos limites da área;
- Não possui recurso hídrico próximo;
- Expansão Urbana: esta área está afastada de qualquer planejamento para expansão urbana;
- Lençol freático: o grau de vulnerabilidade do lençol freático segundo EMBRAPA é médio até baixo;

Por meio de consulto ao site do IBGE foi feita para se saber a real composição do solo em Barrolândia - TO, assim ficou confirmado que a rocha é predominante no município é basalto preto com estrutura amigdaloidal (vulcânico), comumente alterado para material de natureza argilosa e cor vermelho escuro a arroxeado.

Figura 9 - Mapa geológico do estado do Tocantins.



Em vista de todas as características da área selecionada para implantação do projeto de aterro sanitário em valas para o município de Barrolândia - TO foi constatado que é possível desenvolver e executar o projeto, pois atendem a ABNT (2010), os critérios mínimos de seleção de área:

- Para consistência e granulometria das camadas de subsolo na base do aterro recomenda-se a utilização de solos naturalmente pouco permeáveis (solos argilosos, argilo-arenosos ou argilosiltosos);

- Caso haja corpos d'água superficiais no entorno da área, recomenda-se uma distância mínima de 200 m;

- A distância entre a base do aterro e o lençol freático deve ser de no mínimo 1,5m;

- As características topográficas do local devem ser com declividade igual ou superior a 1 % e inferior a 30 %;

- Recomenda-se uma distância mínima de 500 m, entre a área do aterro e núcleos populacionais vizinhos.

#### 4.3 DETERMINAÇÃO DA VIDA ÚTIL DO ATERRO

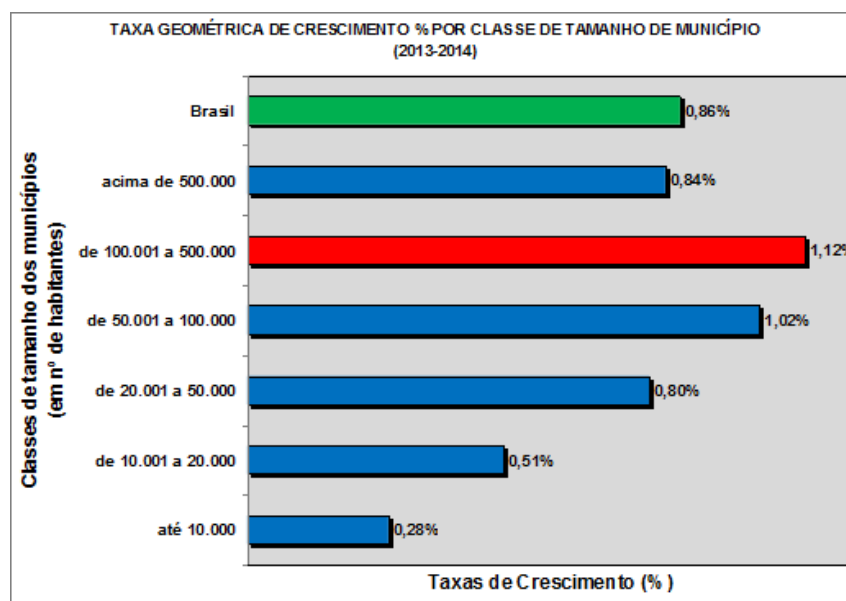
O projeto de aterro sanitário em valas manual para a cidade de Barrolândia- TO terá vida útil de 15 anos, respeitando a ABNT (2010), que orienta que aterros sanitários de pequeno porte devem ter no mínimo 15 anos de vida útil.

#### 4.4 DIMENSIONAMENTO DAS VALAS

##### **4.4.1 Previsão de crescimento populacional do município**

Para o dimensionamento das valas, a quantidade de habitantes do município de Barrolândia - TO foi extraída do último censo realizado em 2010 pelo IBGE, onde também foi constatado que por ser um município com menos de 10.000 habitantes, sua taxa de crescimento populacional é de 0,28%.

Figura 10 - Taxa geométrica de crescimento em porcentagem por classe de tamanho de município



Fonte: IBGE (2014).

Com a taxa de crescimento populacional foi possível mensurar o crescimento da população a cada ano e com isso tornar o dimensionamento das valas mais preciso. Para facilitar os cálculos foi criada uma planilha no software Microsoft Excel, onde a cada ano que passa, por meio da somatória da população junto a taxa de crescimento de 0,28 %.

Vale relevar que para a determinação do volume diário de ocupação, a população utilizada foi apenas a urbana, pois o serviço de coleta só atenderá a mesma, visto que o município possui zona rural onde há locais distantes e de difícil acesso, o que onera ainda mais o custo de operação do aterro e torna economicamente inviável inserir a zona rural na rota de coleta do lixo. O quadro 3 demonstra o crescimento populacional nos próximos anos.

Quadro 3 - Previsão de crescimento populacional

ANO	TAXA DE CRESCIMENTO POPULACIONAL (%)	POPULAÇÃO TOTAL
2010	X	4731
2011	0,28	4745
2012	0,28	4759
2013	0,28	4773
2014	0,28	4787
2015	0,28	4801
2016	0,28	4815
2017	0,28	4829
2018	0,28	4843



2019	0,28	4857
2020	0,28	4871
2021	0,28	4885
2022	0,28	4899
2023	0,28	4913
2024	0,28	4927
2025	0,28	4941
2026	0,28	4955
2027	0,28	4969
2028	0,28	4983
2029	0,28	4997
2030	0,28	5011
2031	0,28	5025
2032	0,28	5039
2033	0,28	5053
2034	0,28	5067

Fonte: Do Autor (2019).

#### **4.4.2 Produção diária de R.S.U. e produção de resíduos per capita**

Em razão de não se ter acesso a pesagem semanal do lixo gerado na cidade de Barrolândia - TO, foi adotado o valor da produção de resíduos per capita no Tocantins que é de 0,657 kg/hab/dia, obtido através da ABRELPE, que realizou o estudo "Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil" em 2013.

#### **4.4.3 Levantamentos de volume diário e anual de ocupação para todos os anos do projeto**

A abrangência do serviço foi considerada de 100%, em virtude de a área urbanizada do município ser de pequeno porte, o que facilitará a chegada do serviço de coleta em todos os pontos. O fator de material de cobertura foi de 25 %, o que resultou em torno de 10 a 20 cm de cobertura intermediária.

Levantamento para o 1º ano (2020):

##### Volume diário e anual de ocupação

Dados:

População urbana = 4871 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,657 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m<sup>3</sup>

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação =  $(4871 * 0,657 * 1/500) * 1,25 = 8,001\text{m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação =  $8,001 * 365 = 2920,365\text{m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 2º ano (2021):

Volume diário e anual de ocupação

Dados:

População urbana = 4885 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,657 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m<sup>3</sup>

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação =  $(4885 * 0,657 * 1/500) * 1,25 = 8,024\text{m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação =  $8,024 * 365 = 2928,76\text{m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 3º ano (2022):

Volume diário e anual de ocupação

Dados:

População urbana = 4899 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,657 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m<sup>3</sup>

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação =  $(4899 * 0,657 * 1/500) * 1,25 = 8,047\text{m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação =  $8,047 * 365 = 2937,012\text{m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 4º ano (2023):

Volume diário e anual de ocupação

Dados:

População urbana = 4913 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,657 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m<sup>3</sup>

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação =  $(4913 * 0,657 * 1/500) * 1,25 = 8,070\text{m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação =  $8,070 * 365 = 2945,405\text{m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 5º ano (2024):

Volume diário e anual de ocupação

Dados:

População urbana = 4927 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,657 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m<sup>3</sup>

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação =  $(4927 * 0,657 * 1/500) * 1,25 = 8,093\text{m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação =  $8,093 * 365 = 2953,80\text{m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 6º ano (2025):

Volume diário e anual de ocupação

Dados:

População urbana = 4941 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,657 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m<sup>3</sup>

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação =  $(4941 * 0,657 * 1/500) * 1,25 = 8,116\text{m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação =  $8,116 * 365 = 2962,191\text{m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 7º ano (2026):

Volume diário e anual de ocupação

Dados:

População urbana = 4955 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,657 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m<sup>3</sup>

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação =  $(4955 * 0,657 * 1/500) * 1,25 = 8,139\text{m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação =  $8,139 * 365 = 2970,584\text{m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 8º ano (2027):

Volume diário e anual de ocupação

Dados:

População urbana = 4969 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,657 kg/hab/dia

Densidade do RSU =  $500 \text{ kg/m}^3$

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação =  $(4969 * 0,657 * 1/500) * 1,25 = 8,162\text{m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação =  $8,162 * 365 = 2978,978\text{m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 9º ano (2028):

Volume diário e anual de ocupação

Dados:

População urbana = 4983 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,657 kg/hab/dia

Densidade do RSU =  $500 \text{ kg/m}^3$

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação =  $(4983 * 0,657 * 1/500) * 1,25 = 8,185\text{m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação =  $8,185 * 365 = 2987,371\text{m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 10º ano (2029):

Volume diário e anual de ocupação

Dados:

População urbana = 4997 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,657 kg/hab/dia

Densidade do RSU =  $500 \text{ kg/m}^3$

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação =  $(4997 * 0,657 * 1/500) * 1,25 = 8,208\text{m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação =  $8,208 * 365 = 2995,764\text{m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 11º ano (2030):

Volume diário e anual de ocupação

Dados:

População urbana = 5011 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,657 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m<sup>3</sup>

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação =  $(5011 * 0,657 * 1/500) * 1,25 = 8,231\text{m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação =  $8,231 * 365 = 3004,157\text{m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 12º ano (2031):

Volume diário e anual de ocupação

Dados:

População urbana = 5025 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,657 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m<sup>3</sup>

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação =  $(5025 * 0,657 * 1/500) * 1,25 = 8,254\text{m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação =  $8,254 * 365 = 3012,55\text{m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 13º ano (2032):

Volume diário e anual de ocupação

Dados:

População urbana = 5039 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,657 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m<sup>3</sup>

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação =  $(5039 * 0,657 * 1/500) * 1,25 = 8,277\text{m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação =  $8,277 * 365 = 3020,943\text{m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 14º ano (2033):

Volume diário e anual de ocupação

Dados:

População urbana = 5053 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,657 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m<sup>3</sup>

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação =  $(5053 * 0,657 * 1/500) * 1,25 = 8,30\text{m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação =  $8,30 * 365 = 3029,337\text{m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 15º ano (2034):

Volume diário e anual de ocupação

Dados:

População urbana = 5067 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,657 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m<sup>3</sup>

Abrangência de coleta do serviço = 100%

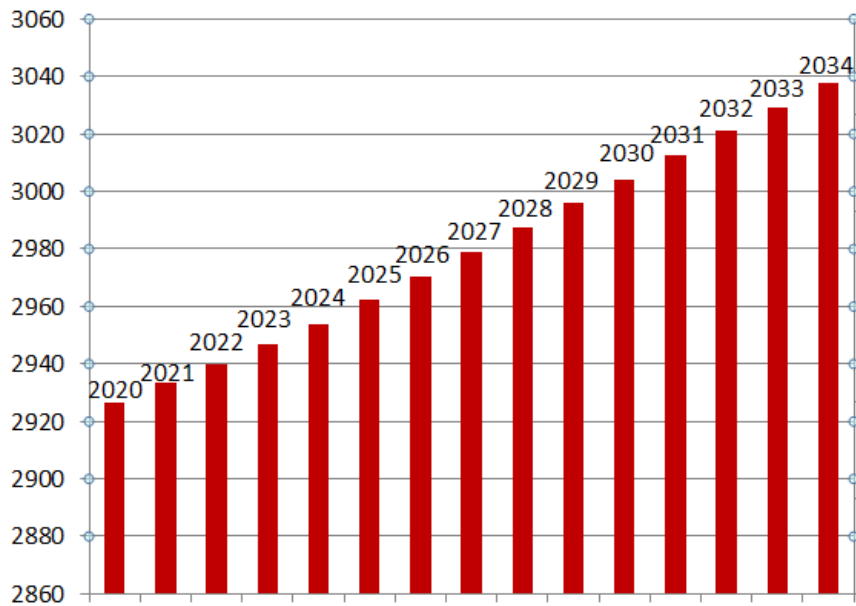
Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação =  $(5067 * 0,657 * 1/500) * 1,25 = 8,323\text{m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação =  $8,323 * 365 = 3037,73\text{m}^3/\text{ano}$

De posse dos volumes de resíduos sólidos urbanos gerados para todos os anos da vida útil do aterro sanitário, pode constatar o baixo crescimento dos volumes gerados anualmente. Isto acontece em função da população de Barrolândia – TO ser pequena e a taxa de crescimento populacional ser baixa.

Figura 11 - Gráfico dos volumes de RSU gerados durante os anos da vida útil



Fonte: Do Autor (2019)

#### 4.5 VOLUMES E DIMENSÕES DAS VALAS

##### 4.5.1 Volume médio anual de ocupação (Vmd)

$$Vmd = (2920,365 + 2928,76 + 2937,012 + 2945,405 + 2953,80 + 2962,191 + 2970,584 + 2978,978 + 2987,371 + 2995,764 + 3004,157 + 3012,55 + 3020,943 + 3029,337 + 3037,73) / (15 * 365) = 8,162m^3$$

##### 4.5.2 Volume médio mensal de resíduos (Vmm)

Dados:

Volume médio diário de ocupação = 8,162m³/dia

1 mês = 30 dias

Volume médio mensal de resíduos = 8,162 \* 30 = 244,849m³

##### 4.5.3 Volume da trincheira (Vt)

Para o cálculo do volume da trincheira foi utilizada a quantidade de 2 meses para preenchê-la. De acordo com Castilho Junior (2003), normalmente esse período varia entre 2 e 4 meses.

Volume médio mensal de resíduos = 244,849m³

Quantidade de meses = 2 meses

$$\text{Volume da trincheira} = 244,849 * 2 = 489,698\text{m}^3$$

#### 4.5.4 Comprimento médio da trincheira (L)

Os dados para geometria apresentados a seguir, estão dentro do limite imposto pela ABNT (2010), que limita estas dimensões para facilitar a operação manual deste tipo de aterro. A forma geométrica das valas foi a trapezoidal e a inclinação das paredes internas de 1:1.

Dados:

Base maior = 8 m

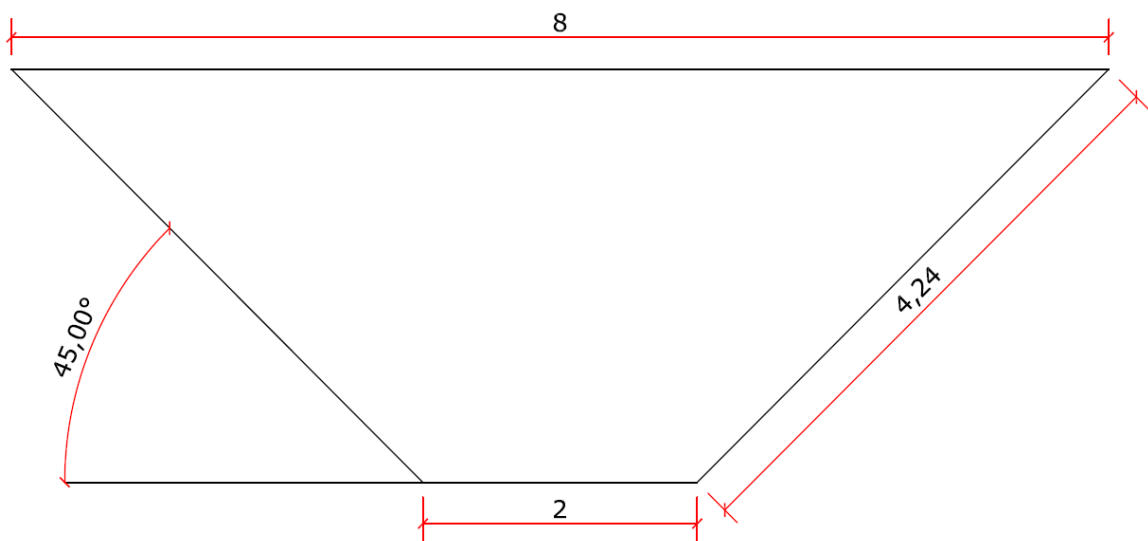
Base menor = 2 m

Profundidade = 3 m

Volume da trincheira = 214,58 m<sup>3</sup>

$L = 489,698 / ((8+2) / 2) * 3) = 32,647$  m, ou seja, 33,00 m.

Figura 12 - Dimensões da seção transversal da vala

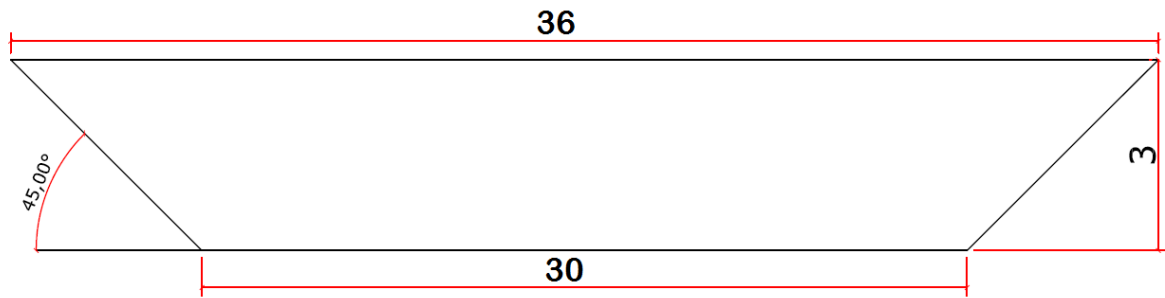


Fonte: Do Autor (2019)

Em razão de o comprimento médio ser de 33,00 m com inclinação das paredes ser de 1: 1 e a profundidade ser de 3 m, assim sendo o comprimento da base maior da célula foi de 36,00 m e da base menor foi de 30,00 m.



Figura 13 - Comprimento da base maior e menor da vala



Fonte: Do Autor (2019)

#### 4.5.5 Volume de ocupação dos resíduos por vala (Vo)

##### Área da base maior da vala (superfície):

Comprimento = 36,00 m

Largura = 8,00 m

Área =  $36,00 * 8,00 = 288,00 \text{ m}^2$

##### Área da base menor da vala (fundo):

Comprimento = 30,00 m

Largura = 2,00 m

Área =  $30,00 * 2 = 60,00 \text{ m}^2$

##### Profundidade da vala:

Profundidade = 3,00 m

##### Volume de ocupação dos resíduos por vala (Vo):

$$Vo = \frac{3}{3} * ((\sqrt{288} + 60) + 288 + 60) = 366,655 \text{ m}^3$$

Base maior = 8,00 m

Base menor = 2,00 m

Profundidade = 3,00 m

Comprimento maior = 36,00 m

Comprimento menor = 30,00 m

Volume =  $366,655 \text{ m}^3$

#### 4.5.6 Volume de escavação das Trincheiras (Ve)

Em razão do aterro dispor de sistema de impermeabilização através de manta, o que tem a necessidade de aplicação de solo com altura de 60 cm nas laterais e no fundo de cada trincheira antes da execução da impermeabilização, as dimensões de escavação das valas foram as seguintes:

##### Geometria da vala:

$$\text{Base maior} = 8,00 + (2 * 0,60) = 9,20 \text{ m}$$

$$\text{Base menor} = 2,00 \text{ m}$$

$$\text{Profundidade} = 3,00 + 0,60 = 3,60 \text{ m}$$

$$\text{Comprimento maior} = 36,00 + (2 * 0,60) = 37,20 \text{ m}$$

$$\text{Comprimento menor} = 30,00 \text{ m}$$

##### Área da base maior da vala (superfície):

$$\text{Comprimento} = 37,20 \text{ m}$$

$$\text{Largura} = 9,20 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 37,20 * 9,20 = 342,24 \text{ m}^2$$

##### Área da base menor da vala (fundo):

$$\text{Comprimento} = 30,00 \text{ m}$$

$$\text{Largura} = 2,00 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 30,00 * 2,00 = 60,00 \text{ m}^2$$

##### Volume de escavação das valas (Ve):

$$\text{Ve} = 3,60/3 * ((\sqrt{342,24} + 60) + 342,24 + 60) = 506,755$$

$$\text{Base maior} = 9,20 \text{ m}$$

$$\text{Base menor} = 2,00 \text{ m}$$

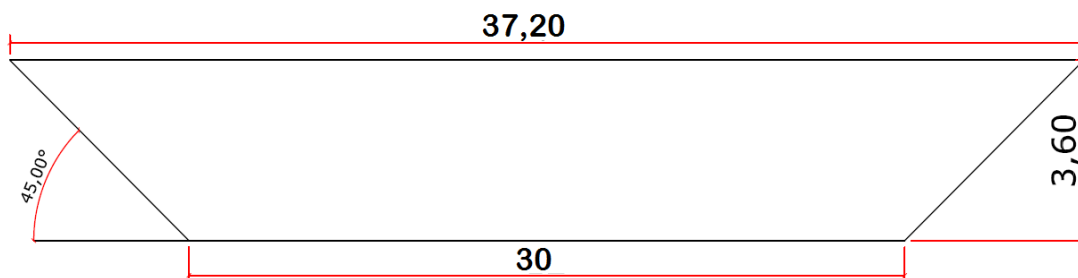
$$\text{Profundidade} = 3,00 + 0,60 = 3,60 \text{ m}$$

$$\text{Comprimento maior} = 37,20 \text{ m}$$

$$\text{Comprimento menor} = 30,00 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = 506,755 \text{ m}^3$$

Figura 14 - Dimensões de escavação das valas



Fonte: Do Autor (2019)

#### 4.6 DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE VALAS PARA OS 15 ANOS DE VIDA ÚTIL DO PROJETO

Quantidade de Valas =  $(2920,365 + 2928,76 + 2937,012 + 2945,405 + 2953,80 + 2962,191 + 2970,584 + 2978,978 + 2987,371 + 2995,764 + 3004,157 + 3012,55 + 3020,943 + 3029,337 + 3037,73) / 366,655 = 121,872$ , logo 123 valas.

Conforme ABNT (2010) o espaçamento entre as bordas das células foi de 2,5 m para o espaçamento, que deve ser de no mínimo 1 m.

#### 4.7 ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO

A princípio o projeto seria dimensionado uma área ideal para a implantação do aterro, mas em razão de já haver uma área prevista pela prefeitura, o projeto foi adequado para esta área. Segundo a prefeitura municipal da cidade de Barrolândia- TO, a área fica localizada próxima a BR 153, com área de 96.400m<sup>2</sup> e a 30 km do município de Barrolândia -TO.

#### 4.8 DIMENSIONAMENTO DA IMPERMEABILIZAÇÃO DA BASE E LATERAIS DAS VALAS

Os lados das valas deverão ser limpos, retirando elementos que possam perfurar a manta de impermeabilização no ato ou depois da aplicação e o solo utilizado deverá possuir coeficiente de condutividade hidráulica abaixo 10<sup>-7</sup> cm/s e também deverá ser compactado com espessura mínima de 60 cm, pois caso haja perfuração da geomembrana, o revestimento mineral ajudará a impedir o vazamento do lixiviado.

#### 4.8.1 Dimensionamento do solo

Volume de solo necessário para uma célula:

$$\text{Volume de Escavação} = 506,755 - 366,655 = 140,10 \text{ m}^3 \text{ Volume de ocupação}$$

Volume de solo necessário para 123 células:

$$\text{Volume total} = 140,10 * 123 = 17232,30 \text{ m}^3$$

#### 4.8.2 Dimensionamento da manta

É importante saber que na impermeabilização das trincheiras o tipo de manta utilizado será a geomembrana PEAD com espessura de 1,00 mm, que é o usual em aterros de pequeno porte. Também é importante lembrar que a escavação e impermeabilização das células será executada uma a uma, ou seja, cada vez que uma célula estiver próxima de seu total preenchimento, o que levará em média 2 meses, uma nova célula será escavada e impermeabilizada. Isso será feito conforme numeração em projeto, e além de evitar valas abertas acumulando água da chuva, também facilitarão o trânsito de veículos.

Considerou-se 1,50 m de ancoragem para cada lado

$$\text{Diagonal} = \sqrt{3^2 + 3^2} = 4,24 \text{ m}$$

$$\text{Área lateral maior} = 4,24 * ((36 + 30)/2) = 139,92 \text{ m}^2$$

$$\text{Área lateral menor} = 4,24 * ((8 + 2)/2) = 21,20 \text{ m}^2$$

$$\text{Área da base} = 30 * 2 = 60,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Ancoragem} = (36 + 36 + 8 + 8) * 1,5 = 132,00 \text{ m}^2$$

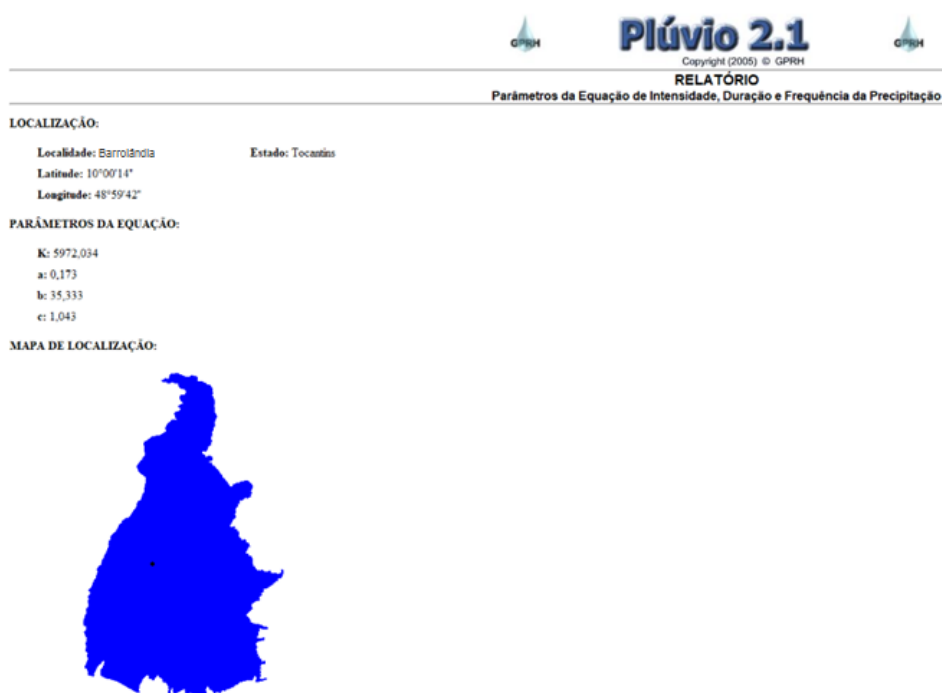
$$\text{Área da manta por célula} = (2 * 139,92) + (2 * 21,20) + 60 + 132 = 514,24 \text{ m}^2$$

$$\text{Área da manta para o aterro com 123 células} = 123 * 514,24 = 63251,52 \text{ m}^2$$

#### 4.9 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS

Para calcular o sistema de drenagem, além de outros dados, é necessário que se saiba a intensidade da chuva crítica do município, para o período de retorno foi considerado de 5 anos e a duração da precipitação foi de 30 minutos com base na caracterização da bacia hidrográfica da região, que apresenta vegetação nativa. Para a coleta dos dados foi utilizado o programa Plúvio 2.1, que forneceu os valores de “K”, “a”, “b” e “c” para a realização dos cálculos necessários (é importante lembrar que será projetada uma barreira de proteção para impedir o escoamento externo das águas pluviais para a área do aterro, evitando o sobre carregamento do sistema de drenagem dimensionado somente para o aterro).

Figura 15 - Parâmetros da Equação IDF



Fonte: Plúvio 2.1(2019)

#### 4.9.1 Intensidade da chuva crítica (i)

Dados:

$$K = 5972,034$$

$$A = 0,173$$

$$b = 35,333$$

$$e = 1,043$$

$$i = ((5972,034 * 5 ^ 0,173) / ((30 + 35,333) ^ 1,043)) = 100,89 \text{ mm/h}$$

#### 4.9.2 Área da bacia Contribuinte (A)

$$A = 96.400\text{m}^2$$

#### 4.9.3 Coeficiente de escoamento superficial (C)

Para encontrar o valor do coeficiente de escoamento superficial, primeiramente foi encontrado o tempo de retorno, que segundo o DNIT (2005), por meio de canaleta de concreto que será utilizada no escoamento das águas pluviais, o tempo de retorno foi de 5 anos.

Quadro 4 - Tempo de Retomo

OBRAS	TR ADOTADO	FUNCIONAMENTO
Drenagem profunda e subsuperficial	10 anos	
Dispositivos de drenagem superficial	5 anos	Canal
Bueiros tubulares e celulares	15 anos	Canal
Verificação de bueiros tubulares e celulares	25 anos	Orifício
Ponte, pontilhão	50 a 100 anos	Canal

Fonte: DNIT (2005).

Quadro 5 - Valores de C para várias superfícies, declividade e tempos de retomo

Superfície	Tempos de Retorno (anos)						
	2	5	10	25	50	100	500
Asfalto	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Concreto/Asfalto	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
Gramados (Cobrimento de 50% da área)							
- Plano (0-2%)	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
- Média (2-7%)	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
- Inclinado (>7%)	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
Gramados (Cobrimento de 50 a 70% da área)							
- Plano (0-2%)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
- Média (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
- Inclinado (>7%)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Gramados (Cobrimento maior que 75% da área)							
- Plano (0-2%)	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
- Média (2-7%)	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
- Inclinado (>7%)	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
Campos cultivados							
- Plano (0-2%)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
- Médio (2-7%)	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
- Inclinado (>7%)	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Pastos							
- Plano (0-2%)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
- Médio (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
- Inclinado (>7%)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Florestas/Reflorestamentos							
- Plano (0-2%)	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
- Médio (2-7%)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
- Inclinado (>7%)	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

Fonte: Mello e Silva (2009).

Sabendo que a área selecionada para o aterro é plana e a vegetação que predomina é o pasto, o coeficiente de escoamento superficial será 0,28.

#### 4.9.4 Vazão drenada

$$Q = (0,28 * (100,89 / 1000) * 96400) / 3600 = 0,756 \text{m}^3/\text{s}$$

#### 4.9.5 Dimensionamento do canal de drenagem de águas pluviais

Dados:

Coeficiente de rugosidade (n) = 0,013

Declividade do canal (I) = 0,02 m/m.

S = Área da seção transversal molhada (m) =  $(\pi \times D^2)/8$ ;

RH = Raio hidráulico da seção (m) = D/4;

$Q = 1/n * ((\pi * D^2)/8) * ((D^{2/3})/(4^{2/3}) * I^{1/2}$

$0,756 = 1/0,013 * ((\pi * D^2)/8) * ((D^{2/3})/(4^{2/3})) * 0,02^{1/2}$

Então:

D = 1,28 m, logo: 1500mm

#### 4.10 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM E TRATAMENTO DE LIXIVIADOS

##### 4.10.1 Vazão

Dados:

K = 0,35 (Este valor será utilizado em razão da densidade do RSU compactado de o aterro ser de 0,5 t/m<sup>3</sup> o que segundo Castilhos Junior (2003), normalmente utiliza-se a densidade entre 400 e 500 kg/m<sup>3</sup>).

Área do aterro (A):

Área de uma vala = 8,00 \* 36,00 = 288,00 m<sup>2</sup>

Área de 123 valas = 123 \* 288 = 35424,00 m<sup>2</sup>

Precipitação anual (P) = 2038 mm (Segundo o site Climate-data (2017, online)).

Tempo (t) = 31.536.000 segundos no ano

Vazão =  $(1/31.536.000) * 2038 * 35424 * 0,35 = 0,080$  L/s

## 5. CONCLUSÃO

Aterros sanitários são de suma importância para qualquer município para qualquer cidade independente de seu tamanho, pois eles são parte considerável do saneamento básico e visam evitar os danos à saúde pública e minimizar os impactos ambientais. O grande problema é que os resíduos sólidos urbanos na maioria das vezes são dispostos em locais inadequados, mais conhecidos como lixões, onde não existe nenhum tipo de tratamento para os resíduos e nenhuma preocupação com o ambiente o que acarreta em sérios problemas tanto para a saúde das pessoas que convivem próximos a estes locais, como para o meio ambiente.

Tendo em vista o baixo custo de operação, como também a facilidade burocrática da legislação que rege, foi proposto neste trabalho um projeto de aterro sanitário em valas manual, utilizando o município de Barrolândia do Tocantins como base.

Este trabalho de conclusão de curso possibilitou entender o quanto é importante que a área para implantação de um aterro que tenha as devidas características exigidas por norma, evitando possíveis danos ao meio ambiente, além disso propiciou apresentar claramente como é o dimensionamento de cada sistema constituinte do aterro.



## 6. REFERÊNCIAS

**ABNT 2010, Normas para Elaboração de Trabalhos Acadêmicos.**

**ABNT 1992, Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público.**

**ABNT NBR 5426: 1985. Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos.**

**ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma NBR 10.004. 2004.** Disponível em: . Acesso em: 15 de setembro. 2018.

**CASSALECCHI, José Ênio. O Brasil de 1945 ao Golpe Militar.** 2 ed. São Paulo: Contexto, 2016.

**CASTILHOS JUNIOR, Armando Borges (Coord.) Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte.** Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003.

**CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.** Disponível em: <<https://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2015/06/manual-controle-ecotoxicologico-2013.pdf>>. Acesso 15 de setembro de 2018.

**IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico.** Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB\\_2008.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf)>. Acesso em: 30 de agosto de 2018.

**IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa de Informações Básicas Municipais: Perfil dos Municípios Brasileiros.** 2008. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: Acesso em: 26 de agosto 2018.

**IPCC, Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas.** Disponível em: <[http://www.ipcc.ch/organization/organization\\_structure.shtml#](http://www.ipcc.ch/organization/organization_structure.shtml#)>. Acesso em 15 de Setembro de 2018.

GONÇALVES, Marilson Alves; TANAKA, Ana Karolina; AMEDOMAR, André de Azevedo. **A Destinação Final dos Resíduos Sólidos Urbanos: Alternativas para a cidade de São Paulo através de casos de sucesso.** Future Studies Research.

KROETZ, César Eduardo Stevens. Balanço social. **Revista Brasileira de Contabilidade.**

LANGE, Liséte Celina *et al.* **Resíduos sólidos: projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários: guia do profissional em treinamento: nível 2.** Belo Horizonte: Recesa 2008. 120 p.

MONTEIRO, J.H.P. et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.** Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MELLO, Leonardo Freire de; HOGAN, Daniel Joseph. **Dinâmica populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro.** Campinas: Núcleo de Estudos de População-Nepo/Unicamp, 2007. 240p.

NBR 8419/1992, Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.

NBR 15.849/2010, Resíduos sólidos urbanos - Aterros sanitários de pequeno porte - Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento.

OBLADEN, Nicolau Leopoldo; OBLADEN, Neiva Terezinha Ronsani; BARROS, Kelly Ronsani de. **Guia para Elaboração de Projetos de Aterros Sanitários para Resíduos Sólidos Urbanos.** 2. ed. Curitiba: Crea-PR, 2009. 64 p.

OLIVEIRA, N. B. de et CHAVES, T. S. **Assentamentos de submoradias, segregação sócio espacial e condições socioambientais em Juiz de Fora, Minas Gerais – estudo de caso no Alto Santo Antônio.** In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS. Anais do VI Congresso Brasileiro de Geógrafos. Goiânia: AGB/UFG/UCG, v.1, p. 1-12, 2004. 1 CDROM.

PROCÓPIO, Margarida M. Maia; ANNICCHINO, Walter. **Cartilha de Limpeza Urbana**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Administração Municipal - Ibam, 2013.

PNRS - **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Disponível em: <[http://www.hemocentro.fmrp.usp.br/wpcontent/uploads/legislacao/12305\\_B3764-120810-SES-MT\\_D.pdf](http://www.hemocentro.fmrp.usp.br/wpcontent/uploads/legislacao/12305_B3764-120810-SES-MT_D.pdf)>. Acesso em: 15 de setembro 2018

PNRS - **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Disponível em: < <http://www.hemocentro.fmrp.usp.br>>, LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Acesso em 15 de setembro de 2018.

QUEIROZ, Humberto Alves de; MARAFON, Glaucio José. **Os caminhos do lixo na cidade do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/cdf/article/download/26559/19618>>. Acesso em: 08 set. 2018

RESOL. **Cartilha de Limpeza Urbana**. Disponível em: <[http://www.resol.com.br/cartilha/tratamento\\_escolha.php](http://www.resol.com.br/cartilha/tratamento_escolha.php)>. Acesso em: 13 de setembro de 2018.

SAVASTANO NETO, Aruntho et al (Ed.). **MANUAL DE OPERAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO EM VALAS**. Disponível em: <[http://igeologico.sp.gov.br/wp-content/uploads/cea/Aterro\\_valas.pdf](http://igeologico.sp.gov.br/wp-content/uploads/cea/Aterro_valas.pdf)>. Acesso em: 09 out. 2018.

SCHALCH, V.; LEITE, W. C. de A.; FERNANDES JUNIOR, J. L.; CASTRO, M. C. A. A. **Gestão e Gerenciamento dos Resíduos Sólidos**. São Carlos (SC), 2002. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Hidráulica e Saneamento da USP, (Apostila).

SCHALCH, V.; LEITE, W. C. de A.; CASTRO, M. C. A. A. de; MONTANÕ, M.; FONTES, Aurélio Teodoro. **Projeto Básico do Aterro Sanitário e Estimativa de Custos Para Sua Implantação**. São Carlos (SP), 2008.

Arquivo de entrada: [TCC 2 - LUCAS ABREU.doc](#) (9788 termos)

Arquivo encontrado		Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)	
<a href="#">passeidireto.com/arq...</a>	<a href="#">Visualizar</a>	1186	81	0,74	
<a href="#">tcc.bu.ufsc.br/Ssoci...</a>	<a href="#">Visualizar</a>	15367	154	0,61	
<a href="#">run.unl.pt/bitstream...</a>	<a href="#">Visualizar</a>	10937	84	0,4	
<a href="#">trabalhosfeitos.com/...</a>	<a href="#">Visualizar</a>	3719	39	0,28	
<a href="#">literal.com.br/hibis...</a>	<a href="#">Visualizar</a>	1478	14	0,12	
<a href="#">hemocentro.fmrp.usp....</a>	<a href="#">Visualizar</a>	418	5	0,04	
<a href="#">censo2010.ibge.gov.b...</a>	<a href="#">Visualizar</a>	316	2	0,01	
<a href="#">sites.google.com/a/e...</a>	-	-	-	-	Parece que o documento não existe ou não pode ser acessado. HTTP response code: 403
<a href="#">mindmovies.com/youtu...</a>	-	-	-	-	Download falhou. HTTP response code: 0
<a href="#">hemocentro.fmrp.usp....</a>	<a href="#">Visualizar</a>	132	0	0	