



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

BRENO FERREIRA MONTEIRO

DIMENSIONAMENTO DE ATERRO SANITÁRIO EM VALAS PARA O MUNICÍPIO DE MIRANORTE – TO

Palmas – TO

2018

BRENO FERREIRA MONTEIRO
DIMENSIONAMENTO DE ATERRO SANITÁRIO EM VALAS PARA O
MUNICÍPIO DE MIRANORTE – 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. Dr. José Geraldo
Delvaux Silva.

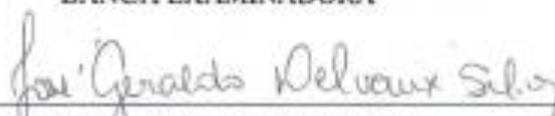
BRENO FERREIRA MONTEIRO
DIMENSIONAMENTO DE ATERRO SANITÁRIO EM VALAS PARA O
MUNICÍPIO DE MIRANORTE – TO

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. Dr. José Geraldo
Delvaux Silva.

Aprovado em: 09/11/2018

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Geraldo Delvaux Silva

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Dra. Michele Ribeiro Ramos

Centro Universitário Luterano de Palmas - CEULP



Prof. Me. Jacqueline Henrique

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conceder forças e sabedoria nos momentos de dificuldades, e a todas as pessoas que me apoiaram. Em especial:

Agradeço ao meu pai, que acreditou em mim e por toda compreensão e amor;

Agradeço aos meus tios, Joelma Calixto e Nilton Cunha que sempre se dispuseram a me ajudar em todos os ciclos da minha vida;

Agradeço ao meu orientador professor Dr. José Geraldo por me orientar neste trabalho e por todo o conhecimento adquirido junto a ele;

Agradeço ao meu primo, Laercio Aires pelo companheirismo, paciência, dedicação e empenho.

Agradeço aos meus amigos da faculdade, por toda ajuda, pelos momentos onde passamos muitas madrugadas estudando em grupo.

RESUMO

O potencial manejo de aterros sanitários tem contribuído a dar um destino final aos resíduos sólidos gerados nos municípios de pequenos portes. Neste sentido, o presente trabalho aborda o dimensionamento de aterro sanitário em valas para o município de Miranorte – TO. O objetivo da pesquisa foi propor a construção de um aterro sanitário visando o devido tratamento dos resíduos sólidos urbanos, e assim reduzir os impactos ambientais neste município. A metodologia baseou-se nas pesquisas bibliográficas e posterior coleta de dados em artigos científicos, livros, manuais, bem como sites de dados estatísticos oficiais da internet, tal como o IBGE e de Normas Brasileiras. Procedeu-se o levantamento da população, resíduos produzidos, densidade, índices pluviométricos. Com uma população de 13.214 habitantes em 2019, projetou-se uma produção de resíduos de 6.209 m³/ano, até que em 2033 com uma população de 14.190 habitantes e uma geração de 6.669 m³/ano de resíduos sólidos. Cada trincheira teve um volume médio de 1058,4 m³ levando em consideração que será preenchida totalmente em dois meses, assim serão necessárias 79 valas para atender a demanda da população dentro de um prazo de 15 anos. Portanto, a construção do aterro visa gerar à população de Miranorte um sistema de tratamento de resíduos sólidos que contribua com a redução dos impactos ambientais, bem como implantar um plano de gerenciamento de resíduos a dar uma destinação final aos sólidos gerados naquele município.

Palavras-chave: aterro sanitário, valas, resíduos sólidos, impactos ambientais, tratamento de resíduos sólidos.

ABSTRACT

The potential management of landfills has contributed to give the final destination to solid waste generated in municipalities of small sizes. In this sense, the present work deals with the dimensioning of sanitary landfill in ditches for the municipality of Miranorte - TO. The aim of the research was to propose the construction of a landfill aiming at the proper treatment of solid urban waste, and thus reduce the environmental impacts in this municipality. The methodology was based on bibliographic research and subsequent data collection in scientific articles, books, manuals, as well as official statistical data sites of the internet, such as IBGE and Brazilian Standards. The results obtained in the first year of 2019 with a population of 13,214 inhabitants was 6,209 m³ / year, arriving in 2033 with a population of 14,190 inhabitants producing 6,669 m³ / year of solid waste. The average volume of each trench is 1058.4 m³ taking into account that it will be fully completed in 2 months, it will require 79 ditches to meet the demand of the population within a period of 15 years. Therefore, the construction of the landfill aims to generate a solid waste treatment system for the population of Miranorte that contributes to the reduction of environmental impacts, as well as to implement a waste management plan to give a final destination to the solid waste generated in that municipality.

Keywords: sanitary landfill, ditches, solid waste, environmental impacts, solid waste treatment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa do município de Miranorte do Tocantins –TO.....	4
Figura 2 - Lixão do município de Miranorte-TO.....	5
Figura 3 - Abertura de valas com acúmulo de terra apenas em um dos lados.....	15
Figura 4 - Sistema de drenagem de águas pluviais.....	16
Figura 5 - Lagoas para tratamento de lixiviados.....	17
Figura 6 - Chorume chegando para ser tratado	17
Figura 7 - Manta impermeabilizante.....	18
Figura 8 - Drenagem de gases.....	20
Figura 9 - Resíduos sendo espalhados e compactados.....	21
Figura 10 – Lagoas Facultativas secundária.....	30
Figura 11 – Vista aérea da área onde ficará localizado o aterro sanitário do município de Miranorte – TO	32
Figura 12 – Mapa geológico do estado do Tocantins.....	33
Figura 13 – Ampliação da legenda do mapa geológico.....	34
Figura 14 – Crescimento dos municípios por classe	35
Figura 15 - Gráfico dos volumes de RSU gerados durante os anos da vida útil.....	42
Figura 16 – Dimensões da vala.....	43
Figura 17 – Comprimento da base maior e menor da vala.....	44
Figura 18 – Dimensões de escavação das valas.....	44
Figura 19 - Parâmetros da Equação IDF.....	47

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Classificação dos resíduos quanto à sua periculosidade.....	7
QUADRO 2 - Instruções para drenagem dos gases.....	30
QUADRO 3 - Previsão de crescimento populacional.....	36
QUADRO 4 - Tempo de Retomo.....	49
QUADRO 5 - Valores de C para várias superfícies, declividade e tempos de retomo.....	49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	2
1.2 JUSTIFICATIVA	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 Objetivo Geral	3
1.3.2 Objetivos Específicos	3
2 REFERENCIAL TEÓRICO	4
2.1.1 Aspectos físicos e Geografia de Miranorte - TO.....	4
2.1.2 Lixão de Miranorte - TO	4
2.2 DEFINIÇÕES.....	5
2.2.1 Vantagens da criação do aterro sanitário no município.....	5
2.2.2 Coleta seletiva	6
2.2.3 Resíduos sólidos	6
2.2.4 Classes dos resíduos	6
2.2.5 Sumeiro ou chorume.....	7
2.2.6 Lixiviação	8
2.2.7 Gás bioquímico (GBQ), gás de aterro ou biogás.....	8
2.2.8 Lixão.....	8
2.2.9 Aterro sanitário de resíduos urbanos	8
2.2.10 Aterro controlado.....	9
2.2.11 Do Aterro Sanitário em Valas	9
2.2.12 Incineração	10
2.2.13 Do Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos	10
2.2.14 Lei Nº 12305/2010.....	10
2.3 PLANEJAMENTO.....	11
2.3.1 Análise de projeto.....	11
2.3.2 Escolha da área	11
2.3.3 Licenciamento Ambiental	11
2.3.4 Obtenção do local.....	12
2.4 COMPOSIÇÕES DO PROJETO	13
2.4.1 Memorial Descritivo.....	13

2.4.2 Elementos do Projeto.....	14
2.4.3 Memorial Técnico	21
3 METODOLOGIA.....	22
3.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.2 OBJETOS DE ESTUDO	22
3.3 DETERMINAÇÃO DA VIDA ÚTIL DO ATERRO	22
3.4 DIMENSIONAMENTO DA VALA E O CRESCIMENTO POPULACIONAL	22
3.4.1 Produção diária de R.S.U. e produção de resíduos per capita	22
3.4.2 Levantamentos de volume diário e anual de ocupação para todos os anos do projeto....	23
3.5 VOLUMES E DIMENSÕES DAS VALAS	23
3.5.1 Volume médio diário e mensal de ocupação de resíduos.....	23
3.5.2 Volume da trincheira e o comprimento médio da trincheira.....	24
3.5.3 Volume de ocupação dos resíduos por trincheira e o volume da escavação das valas ...	24
3.6 DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE CÉLULAS (VALAS) PARA OS ANOS DE VIDA ÚTIL DO PROJETO	25
3.7 DIMENSIONAMENTO DA ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO.....	25
3.8 DIMENSIONAMENTO DA IMPERMEABILIZAÇÃO DA BASE E LATERAIS DAS VALAS.....	26
3.8.1 Dimensionamento do solo	26
3.8.2 Dimensionamento da manta	26
3.9 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS...	27
3.10 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM E TRATAMENTO DE LIXIVIADOS	28
3.11 DIMENSIONAMENTOS DO SISTEMA DE DRENAGEM E TRATAMENTO DE GASES	29
3.12 ISOLAMENTO DO ATERRO	30
3.13 COBERTURAS FINAIS	30
3.14 PROJETO EXECUTIVO	30
3.15 LEVANTAMENTO DE DADOS DA ÁREA SELECIONADA PARA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO	31
4 RESULTADO	32
4.1 Determinações do tipo de solo da região pelo mapa geológico	32
4.2 DIMENSIONAMENTO DAS VALAS	34
4.2.1 Previsão de crescimento populacional do município	34

4.2.2 Levantamentos de volume diário e anual de ocupação para todos os anos do projeto ...	35
4.3 VOLUMES E DIMENSÕES DAS VALAS	41
4.3.1 Volume médio diário de ocupação (Vmd) e Volume médio mensal de resíduos (Vmm)	41
4.3.2 Volume da trincheira (Vt) e Comprimento médio da trincheira (L)	42
4.3.3 Volume de ocupação dos resíduos por vala (Vo).....	43
4.3.4 Volume de escavação das Trincheiras (Ve)	43
4.4 DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE VALAS PARA OS 15 ANOS DE VIDA ÚTIL DO PROJETO	45
4.5 DIMENSIONAMENTO DA IMPERMEABILIZAÇÃO DA BASE E LATERAIS DAS VALAS.....	45
4.5.1 Dimensionamento do solo	45
4.5.2 Dimensionamento da manta	45
4.6 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS... 46	
4.6.1 Intensidade da chuva crítica (i).....	47
4.6.2 Área da bacia Contribuinte (A)	48
4.6.3 Coeficiente de escoamento superficial (C).....	48
4.6.4 Vazão drenada	49
4.6.5 Dimensionamento do canal de drenagem de águas pluviais	49
4.7 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM E TRATAMENTO DE LIXIVIADOS	49
4.7.1 Vazão.....	49
4.8 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM E TRATAMENTO DE GASES	50
4.9 COBERTURA FINAL	50
5 CONCLUSÃO.....	51
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1 INTRODUÇÃO

É fundamental pontuar, primeiramente, que o grande crescimento populacional acompanhando de criações de novas tecnologias vem provocando sérios problemas ao planeta, o consumo populacional geram uma grande quantidade de resíduos sólidos urbanos como baterias, plásticos, vidros, papéis, decomposição da matéria orgânica que causam sérios problemas ao meio ambiente quando são locados diretamente ao solo.

Nota-se a importância de se realizar um estudo com métodos de descartes ou reciclagem desses resíduos para minimizar os impactos ambientais. Atualmente, a busca é diminuir a produção de resíduos sólidos, a reciclagem de matérias que possam ser reprocessados e reutilizados e por fim o melhor sistema que temos para destinação desses resíduos sólidos urbanos são os aterros sanitários que utilizam ferramentas da engenharia para a locação final dos resíduos sólidos.

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – (ABRELPE) que apresentou um “Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil” referente ao ano 2016, demonstrou que aproximadamente 3,4 mil municípios brasileiros ainda continuam a descartar os seus resíduos em lixões ou em aterros controlados que são sistemas que contribuem para a poluição do meio ambiente.

A Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, determina a extinção dos lixões a céu aberto e aterros controlados, sobretudo os quais são considerados inapropriados, devido poluírem o solo, ar e a água, tais medidas formam os princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Segundo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002), o impacto ambiental é definido como qualquer alteração física, química e biológica do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

Aterro sanitário é uma técnica de que utiliza a engenharia para locação de resíduos sólidos urbanos – (RSU) em um determinado local, de forma a não prejudicar o solo, a saúde e reduzindo os impactos ambientais, esse trabalho consiste na criação de células para direcionar os resíduos coletados e reduzir o volume do material, cobrindo-o com camadas de terra quando atingir um determinado volume ou no termino do dia (ABNT, 1992).

Nesta pesquisa foi abordada a produção de RSU, o plano de gerenciamento de resíduos sólidos em aterros sanitários em valas para municípios de pequeno porte, bem como em apresentar um projeto de dimensionamento para a destinação final dos resíduos sólidos a fim de cumprir as normas sanitárias federais e municipais do Estado de Tocantins em especial do município de Miranorte – TO.

1.1 Problema de pesquisa

No município de Miranorte, qual seria a logística de implantação de um aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos? Visto que o intuito é minimizar os problemas ambientais causados pela destinação incorreta dos resíduos sólidos residenciais no Município Miranorte – TO, tal como saber se haverá interesse da população e dos gestores na implantação de um aterro, uma vez que o mesmo contribuirá para a melhora de qualidade de vida do cidadão.

1.2 Justificativa

O lixão é o atual sistema de destinação de resíduos sólidos urbanos no município de Miranorte do Tocantins, além de trazer aspectos negativos como a proliferação de vetores de doenças como moscas, ratos, mosquitos que provocam doenças a população temos também a poluição dos recursos naturais. No lixão são produzidos substâncias e gases que provocam sérios danos ao entrar em contato direto com o meio ambiente como o chorume e o gás metano.

Segundo a Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT, 1992) deverão ser utilizados sistemas de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem danificar os solos, a saúde da população, a segurança e a degradação do meio ambiente. A Lei Federal 12.305/2010, artigo 4º proíbe-se a destinação final de resíduos sólidos ou rejeitos em locais a céu aberto, tendo como responsabilidade do gerador e do poder público destinar em um local correto.

O aterro sanitário atende todas as diretrizes como normas e leis, visando o bem estar, à saúde da população e o principal redutor de impactos ambientais causados pela destinação incorreta dos resíduos. O aterro sanitário constitui-se em atender por determinado tempo o município armazenando todos os resíduos sólidos produzidos pela população, realizando o tratamento do chorume produzido pela decomposição da matéria orgânica, o tratamento da lixiviação que ocorre quando a água da chuva percorre através dos resíduos em decomposição, o tratamento do gás metano que é o principal causador do efeito estufa e a

proteção do solo com mantas impermeabilizantes evitando a percolação do chorume através do solo.

Com a implantação do aterro sanitário será possível a geração de emprego e renda para a população de Miranorte. Poderá ser criada uma cooperativa onde serão realizadas atividades como a separação de materiais recicláveis como papéis, metais, vidros e plásticos. Com a separação do material reciclável é possível aumentar a vida útil do aterro sanitário de forma que o volume de resíduos será menor e ocupará menos espaço dentro das valas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Propor a construção de um aterro sanitário visando o devido tratamento dos resíduos sólidos urbanos, e assim reduzir os impactos ambientais no município de Miranorte – TO.

1.3.2 Objetivos Específicos

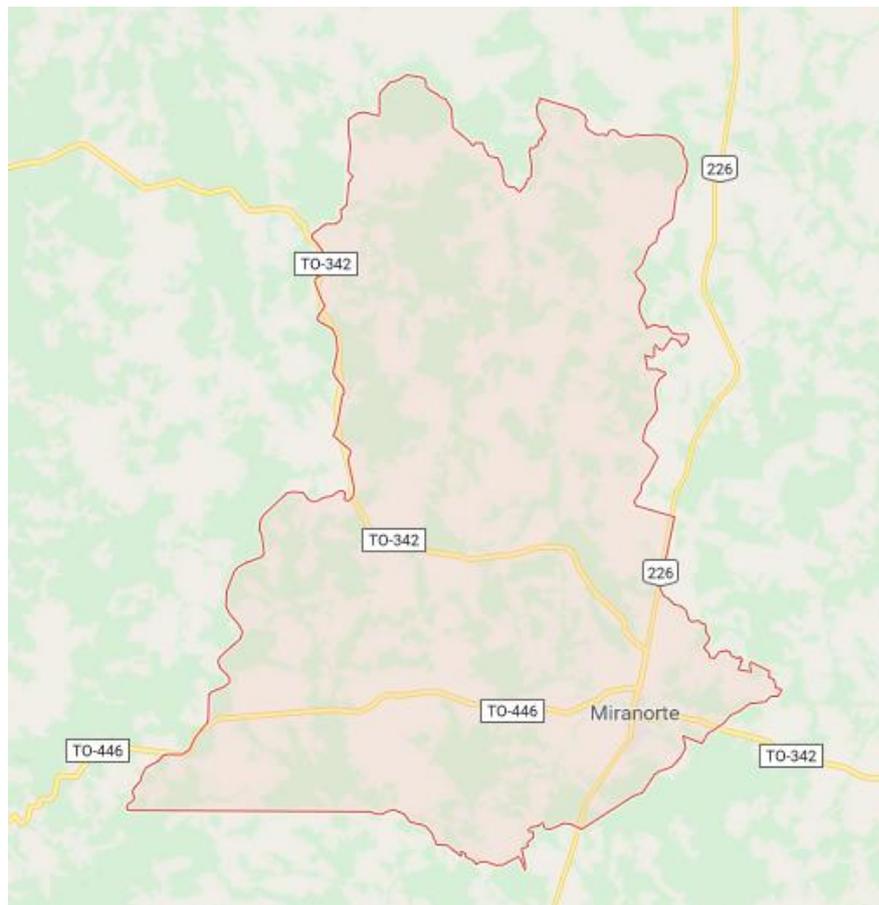
- Escolher uma área no município de Miranorte, para a construção de um aterro sanitário.
- Dimensionar o aterro sanitário para município Miranorte – TO
- Apresentar as consequências da implantação do aterro sanitário no município.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1.1 Aspectos físicos e Geografia de Miranorte - TO

O município de Miranorte pertence ao estado do Tocantins, possuindo uma área de 1031 km² é uma população composta de 12.623 habitantes, estando próximas às margens da BR 153 facilita o desenvolvimento do município que possui como atividades econômicas a agricultura e a pecuária tendo fortes influencias econômicas no estado, sua densidade demográfica é de 12,24 hab/m² e precipitação media anual de 1950 mm, estando localizado a 110 km de Palmas – TO (IBGE, 2010), conforme a Figura 1.

Figura 1 - Área do município de Miranorte - TO.



Fonte: Adaptado de Google Earth Pro.

2.1.2 Lixão de Miranorte - TO

Foi apresentado como está situado o atual sistema de disposição de todos os resíduos produzidos em Miranorte do Tocantins. Trata-se de um lixão a céu aberto localizado próximo

as margens da rodovia TO-342, que liga os municípios de Miranorte a Dois irmãos do Tocantins. Por meio da Figura 2, nota-se que o lixão está disposto sobre o solo e sem nenhuma cobertura ou camada de solo para evitar que o resíduo seja espalhado pelo vento e acima de tudo a proliferação de animais como ratos, baratas e insetos que se alimentam de matéria em decomposição. Outro problema encontrado é a presença de uma represa e uma residência situada a uma distância menor que 200 metros, ferindo as normatizações que estão em vigor como a ABNT (2010).

Na Figura 2 - Lixão do município de Miranorte - TO.



Fonte: Adaptado de Google Earth Pro.

2.2 Definições

2.2.1 Vantagens da criação do aterro sanitário no município

Com a implantação do aterro é possível realizar a destinação mais adequada de resíduos sólidos, corrigir terrenos irregulares além de propor uma solução para os problemas de saúde da população causados por vetores de doenças. O investimento para implantação do aterro é consideravelmente barato, além de contribuir com o meio ambiente e possível gerar

emprego e renda para a população e evita que pessoas possam utilizar como meios de sobrevivência os lixões (RAFAEL, et al, 2010).

2.2.2 Coleta seletiva

A coleta seletiva consiste em separar os resíduos de acordo com a suas propriedades e características, os resíduos devem ser selecionados logo pelos seus geradores, e devem ser entregue ao sistema de coleta separado entre papel, vidro, plástico, metal, orgânico.

2.2.3 Resíduos sólidos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010) demonstra que todo resíduo sólido é objetos nos estados sólido ou semissólido, gases proveniente de recipiente e líquidos com características físico ou química que são de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição e que solicite tratamento antes de seu destino final. Lodos advindo dos sistemas de tratamento de água, equipamentos e instalação de gestão de poluição, líquidos que não pode ser lançado na rede pública de esgotos ou rios, ou necessitem de soluções técnica (ABNT, 2004; ZANTA,2003).

2.2.4 Classes dos resíduos

Para caracterizar o resíduo sólido e necessário reconhecer os processos de onde surgiram o material, suas características e identificar na lista de resíduos que são de acordo com a sua taxa de agressividade a saúde e ao meio ambiente, estabelecendo suas matérias-primas, insumos e processos de origem (ABNT, 2004). Ainda sobre a ABNT (2004), de 1987, esta trata da classificação de resíduos sólidos quanto a sua periculosidade, ou seja, característica apresentada pelo resíduo em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, que podem representar potencial de risco à saúde pública e ao meio ambiente (ZANTA, 2003).

No Quadro 1 abaixo é apresentada a classificação dos resíduos, quanto à sua periculosidade.

Quadro 1- Classificação dos Resíduos:

Resíduo classe I	Perigosos
Resíduo classe II	Não inertes
Resíduo classe III	Inertes

FONTE: (ABNT, 2004)

Resíduo classe I: São aqueles que apresentam periculosidade, ou seja, uma das características seguintes: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade. São as substâncias que apresentam riscos ao homem e a natureza (ABNT, 2004; ZANTA, 2003).

Resíduo classe II: São aqueles que não se enquadram na classe I ou III. Estes resíduos podem ter as seguintes propriedades: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água (ANBT, 2004; ZANTA, 2003).

Resíduo classe III: São aqueles que, por suas características intrínsecas, não oferecem riscos à saúde e ao meio ambiente. Além disso, quando amostrados de forma representativa, segundo a norma NBR 10007, e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, a temperatura ambiente, conforme teste de solubilização segundo a norma NBR 10006, não têm nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, conforme listagem nº 8, constante do Anexo H da NBR 10004, excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor (ABNT, 2004; ZANTA, 2003).

2.2.5 Sumeiro ou chorume

Líquido escuro de odor forte e desagradável produzido pela decomposição de matéria orgânicas contidas nos resíduos sólidos, que somados com a água da chuva, são levados para o meio ambiente, caso não sejam realizados os tratamentos adequados e com elevada Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (COLUMB, 2012 apud RODRIGUES, 2014; ABNT, 1992).

2.2.6 Lixiviação

Deslocamento ou arraste, por meio líquido, de certas substâncias contidas nos resíduos sólidos urbanos (ABNT, 1992).

2.2.7 Gás bioquímico (GBQ), gás de aterro ou biogás

Mistura de gases produzidos pela ação biológica na matéria orgânica em condições anaeróbias, composta principalmente de dióxido de carbono e metano em composições variáveis (ABNT, 1992).

2.2.8 Lixão

Devido ao grau de resíduos contaminados gerados e os problemas ambientais associados à disposição final nos locais destinados aos resíduos sólidos, popularmente conhecidos como lixões, são classificados em três formas básicas: o lixão ou vazadouro, o aterro controlado e o aterro sanitário (CHARNOCK; WELLS, 1985 apud LOCASTRO, 2016).

O lixão é uma forma de disposição final dos RSU, na qual estes são lançados sobre o solo, sem qualquer medida de proteção ao meio ambiente ou a saúde pública. Não existem controles sobre tipo, volume ou grau de periculosidade dos resíduos depositados. Os resíduos são simplesmente lançados sobre o solo natural sem receber qualquer tipo de tratamento mecânico para a redução de seu volume. Esta forma de disposição facilita a proliferação de inúmeros vetores (moscas, ratos, mosquitos), geração de maus odores e principalmente a contaminação do solo e das águas subterrâneas e superficiais, pela infiltração dos líquidos gerados pela decomposição dos RSU (NASCIMENTO, 2007).

2.2.9 Aterro sanitário de resíduos urbanos

Em uma obra de aterro sanitário compreende um número de itens e técnicas operacionais como: locação em células, compactar os resíduos, cobertura, impermeabilização do solo, drenagem e coleta de líquidos e gases, tratamento do chorume, fiscalização geotécnica e ambiental (NASCIMENTO, 2007).

2.2.10 Aterro controlado

Define aterro controlado de resíduos sólidos urbanos como: Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem ocasionar prejuízos ou riscos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais. Este método utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte (não perigosos) ao final de cada jornada de trabalho. Sua forma lembra o aterro sanitário, porém, com menores dimensões, sem impermeabilização de base, sem sistemas de controles ou monitoramentos do chorume ou gases produzidos, acarretando sérios riscos de contaminações ao meio ambiente (ABNT, 1992).

2.2.11 Do Aterro Sanitário em Valas

Segundo ABNT (2010) define-se aterro de pequeno porte o aterro sanitário para disposição no solo de RSU, até vinte toneladas por dia ou menos, quando definido por legislação local, em que, considerados os condicionantes físicos locais, a concepção do sistema possa ser simplificada, adequando os sistemas de proteção ambiental sem prejuízo da minimização dos impactos ao meio ambiente e à saúde pública. Nesse sentido, a Norma NBR 15.849: resíduos sólidos urbanos – Aterros Sanitários de Pequeno Portes – ASPP, especifica os requisitos mínimos para localização, implantação, projeto, operação e encerramento de ASPP. Tendo em vista a importância desta, é fundamental a sua aplicabilidade, porque segundo os critérios estabelecidos, os ASPP podem ser adotados para disposição de até 20 toneladas por dia, conforme dito, o qual esta prevista, também, na Resolução CONAMA nº 404/08 (IWAI, 2012).

Tomando por base os dados do IBGE (2010) e se levarmos em consideração os dados da edição do estudo Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil em 2016, realizados pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), que apresenta no Tocantins uma coleta per capita de 0,515 (kg/hab./dia), apenas municípios como Araguaína, Araguatins, Colinas, Gurupi, Palmas, Paraíso do Tocantins e Porto Nacional, no total de 7 municípios, não se enquadrariam nesta modalidade de aterro por ultrapassa o limite estipulado para este tipo de aterro que será de no máximo 20 toneladas/dia.

2.2.12 Incineração

E composto de um sistema que utiliza a queima dos matérias no intuito reduzir as suas dimensões, utilizando principalmente em locais onde não são possíveis a criação de aterros sanitários devido os espaço territorial ser pequeno. No Brasil esse sistema só utilizado para queima de resíduos hospitalar e industrial (CABRAL, 2009).

2.2.13 Do Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos

A composição dos RSU domésticos é bastante diversificada, compreendendo desde restos de alimentos, papéis, plásticos, metais e vidro até componentes considerados perigosos por serem prejudiciais ao meio ambiente e à saúde pública. No que se refere ao Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos – GIRSU – ao planejamento e dimensionamento de todas suas etapas, torna-se útil conhecer a densidade aparente dos resíduos, isto é a relação entre massa e volume, bem como sua compressividade, proporção de redução em volume dos resíduos sólidos. Visando minimizar os impactos a saúde pública e ao meio ambiente, o GIRSU busca atender determinadas diretrizes: reaproveitamento, tratamento e disposição final. As ações de gerenciamento podem ser promovidas por meio de instrumentos presentes em políticas de gestão e com planejamento estratégico, técnico, operacional, gerencial, recursos humanos, entre outros.

O plano de gerenciamento é um documento que apresenta a situação atual do sistema de limpeza urbana, com a pré-seleção das alternativas mais viáveis, com o estabelecimento de ações integradas e diretrizes sob os aspectos ambientais, econômicos, financeiros, administrativos, técnicos, sociais e legais para todas as fases de gestão dos resíduos sólidos, desde a sua geração até a destinação final (BRASIL, 2010).

2.2.14 Lei N° 12305/2010

A Lei nº 12.305/10 mostra que deverá ser feito a prevenção e a diminuição na produção de resíduos sólidos, buscando maneiras sustentáveis de consumo e ferramentas que incentivem a reciclagem de materiais e o reaproveitamento dos resíduos sólidos. Toda geração de resíduos seja ela de pessoa física ou jurídica e de responsabilidade direta do seu gerador, são resíduos advindo de todas as atividades como: Fábricas, Comércio, Importadores, Distribuidores. A principal meta é reduzir os lixões e estabelecer planos em todos os estados e

municípios estabelecendo ferramentas para gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

2.3 PLANEJAMENTO

2.3.1 Análise de projeto

Foi feito um estudo onde verificou-se a peculiaridade do local para a construção do aterro em valas, e servir como manual para consulta de monitoramento do aterramento dos resíduos sólidos na área. O estudo compõe-se de duas etapas caracterização do município e a realização do gerenciamento do resíduo sólido urbano. No município serão analisados os dados para verificar se o município atende a todas as normativas e característica para a implantação do sistema como: dados da população atual, atividades realizadas no município, estrutura do município dos serviços de saneamento básico. No gerenciamento de resíduos sólido é necessário fazer um estudo do município para verificar como esta funcionando o tratamento de resíduos atualmente. As etapas compreendem da geração do resíduo, condicionamento, coleta, transporte, tratamento, reciclagem e destinação. É necessário ter os dados da quantidade produzida em todas as atividades do município para fazer um sistema de qualidade e aproveitamento excelente (CASTILHO JUNIOR, 2003).

2.3.2 Escolha da área

Para a implantação do aterro se faz necessário atender as normas e diretrizes mínimas em buscar de minimizar os impactos ambientais, conforme o manual para implantação deve-se fazer um mapeamento partindo do local escolhido no raio de 1.500 metros para verificar as atividades nessas áreas, estar a 200 metros de distância de rios e mananciais, estar a 500 metros de distância de núcleos habitacionais e devera esta longe de aeroportos ou aeródromos (manual de aterros). No mesmo sentido descreve Lima (2017), frisando que devem ser realizados estudos de uma área adequada, com verificação da permeabilidade do solo, assim como existência de fontes hídricas e entornos para prevenir riscos ambientais.

2.3.3 Licenciamento Ambiental

Toda obra para atuar legalmente necessita de uma licença dos órgãos competentes, essa licença é um documento no qual consta o tipo de atividade que será realizada. O licenciamento ambiental consiste em um sistema de efetivação sob a jurisdição dos órgãos ambientais, sendo eles Federais, Estaduais e Municipais para autorizar através de licença de

instalações, modificações e operações de atividade capazes de provocar alterações no meio ambiente e nos recursos naturais (SILVA, 2010).

A lei nº 6938/81 preconiza as ferramentas da Política Nacional do Meio Ambiente, são as ferramentas de padrões de qualidade ambiental como zoneamento ambiental, avaliar os impactos ambientais, o licenciamento e a revisão das atividades potencialmente poluidoras.

O local onde serão locados os resíduos sólidos deverão ser sujeitos no processo de licenciamento ambiental junto aos órgãos ambientais competentes, os órgãos ambientais podem isentar o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) E Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), constatando as análises técnicas que a obra não causara problemas ao meio ambiente (CONAMA Nº308, 2002). Conforme KROETZ (2003) processo de licenciamento ambiental do aterro sanitário nas suas diversas etapas: Licença Prévia (LP), Licença de Implantação (LI) e Licença de Operação (LO).

2.3.4 Obtenção do local

Em decorrência dos custos operacionais do projeto de dimensionamentos das valas em municípios de pequeno porte, estes devem ser pré-estabelecidos a fim de atender aos requisitos legais. Em vista disso, a ABNT (2010) estabelece que as larguras das valas na superfície não devem exceder três metros. Caso esta etapa do projeto não seja atendida, atividades de descarga de veículos e cobertura dos resíduos com terra serão dificultadas pondo em risco a qualidade operacional do aterro. Outro fator importante é a profundidade das valas, pois não podem exceder três metros de profundidade, em consequência do comprometimento da estabilidade do aterro. Portanto, obtendo-se o volume de lixo a ser aterrado, junto da profundidade e largura, procede-se ao dimensionamento das valas (KROETZ, 2003, p.32 apud SANTOS, 2016).

Nesta etapa consiste em efetuar a compra do terreno onde ficar localizado o aterro, sendo consideradas umas das etapas que apresentam um custo elevado para implantação. Quando a prefeitura possui um local que possa ser cedido para a instalação do aterro, isso trás uma economia para o custo da obra, outro problema que encontramos é quando o local escolhido possui residências tendo que desapropriá-las com indenizações, acarretando um custo excedente na obra (KROETZ, 2003).

2.4 Composições do Projeto

Nesta etapa foi descrito as partes constituintes do projeto necessário para a implantação do aterro sanitário de resíduos sólidos.

2.4.1 Memorial Descritivo

Deverão ser apresentados o estudo preliminar e o tipo de aterro que será construído, o memorial descritivo é extremamente importante, pois nele contém informações importantes como: informação cadastral, o tipo de resíduo que será locado no aterro sanitário, características da localidade onde será destinado o aterro sanitário, elaboração e justificação do projeto, características e especificação dos componentes do projeto, execução do aterro sanitário, uso futuro do local do aterro sanitário (NBR 8419 – 1992).

2.4.1.1 Informações Cadastrais

Nas informações cadastrais devem conter os seguintes dados (NBR 8419 – 1992):

- As qualificações dos responsáveis técnicos do aterro sanitário;
- As qualificações das empresas responsáveis pelo aterro sanitário;

2.4.1.2 Informação sobre o resíduo que será locado no aterro sanitário

Devem-se fornecer as seguintes informações (NBR 8419 – 1992):

- Massa específica do resíduo;
- Especificações dos equipamentos de transporte;
- Origem, qualidades, quantidades diária e mensal, frequências e horários de recebimentos;

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 (ABNT, 1992).

2.4.1.3.1 Localização e caracterização topográfica

Deverão ser mostrados os dados (NBR 8419 – 1992):

- Apresentar o levantamento planialtimétrico em escala 1:2000 demonstrando o perímetro do aterro sanitário e vizinhos, dando destaque nos pontos geográficos conhecido, estradas, rios;
- Apresentar o levantamento planialtimétrico na escala de 1:1000 do local onde esta o aterro sanitário;

2.4.1.3.2 Caracterização geológica e geotécnica

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 (ABNT, 1992).

2.4.1.3.3 Levantamento climatológico

O estudo da climatologia da região onde será locado o aterro sanitário deve ser apurado, deve-se verificar o valor médio da temperatura, comportamento da chuva, precipitação pluviométrica, evapotranspiração, direções e intensidades dos ventos. Os dados relacionados à chuva são importante, esta diretamente relacionada ao dimensionamento do sistema de drenagem e tratamento (SILVA, 2016).

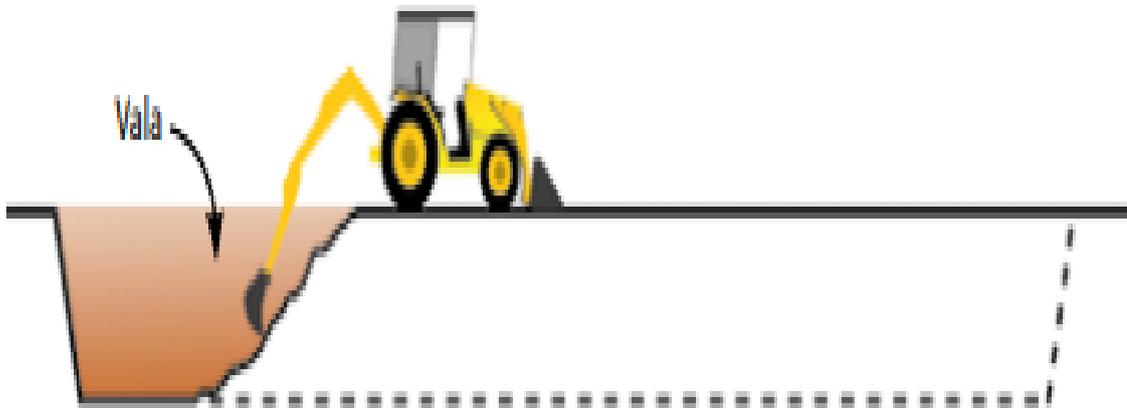
2.4.2 Elementos do Projeto

2.4.2.1 Isolamento do Aterro

Segundo CETESB (1997) apud KROETZ (2003) dimensionar a construção de trincheiras apesar de ser simples, requer certas limitações operacionais, as quais devem ser pré-fixadas, os quais se referem ao estabelecimento de metragens da largura e profundidade, aquela não podendo exceder três metros, pois, caso contrário, pode comprometer as atividades operacionais, colocando em risco a qualidade do aterro, o mesmo se aplica a profundidade, visto que pode pôr em risco a estabilidade da vala exigindo frequentemente escoramentos que

são totalmente inviáveis em obras desse porte. Já o comprimento é diretamente proporcional ao volume da trincheira, tendo-se a cargo a quantidade de resíduos a ser depositado nas valas (igual ao peso de resíduos gerado dividido pelo peso específico do resíduo no interior da trincheira), o qual em conjunto com a profundidade e a largura, obtém-se o comprimento da trincheira conforme apresenta a Figura 3 abaixo.

Figura 3 - Abertura de valas



Fonte: CETESB, 2005

2.4.2.2 Sistema de drenagem das Águas Pluviais

A água proveniente da chuva não pode ter contato com o aterro sanitário, ao entrar em contato com o material orgânico em decomposição será necessário realizar o tratamento antes de ser lançado no meio ambiente. As águas precipitadas deverão ser captadas e conduzidas pelas canaletas construídas nas laterais do aterro sanitário e ser lançada nos recurso hídrico conforme apresenta a Figura 4 a seguir (PICANÇO, 2013).

Figura 4 - Sistema de drenagem de águas pluviais.



Fonte: (MEDEIROS, 2012)

2.4.2.3 Sistema de Drenagem de Lixiviados

O sistema de drenagem é feito por canaletas compostas de brita em formato de espinha de peixe, que consiste em coletar e remover o lixiviado para tratamento mostrado na figura abaixo. Trata-se de uma substância formada pela infiltração da água da chuva que percola nos resíduos sólidos (SOUTO, 2009) conforme a figura 5.

Figura 5 - Lagoas para tratamento de lixiviados.



Fonte: (SERAFIM, 2003)

Figura 6- Chorume chegando para ser tratado



Fonte: (SERAFIM, 2003)

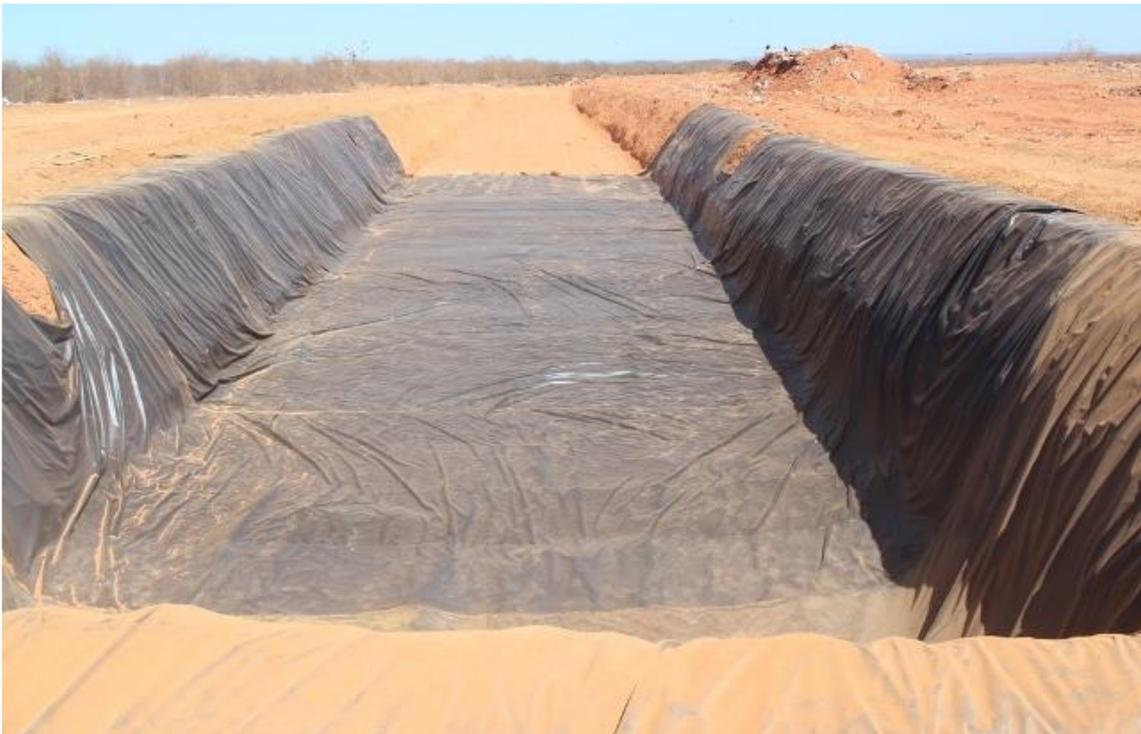
2.4.2.4 Sistema de Tratamento de Lixiviados

Aborda OBLADEN (2009) a importância de se realizar o tratamento dos líquidos drenados do RSU, por se tratar de uma substância altamente poluente os recursos hídricos. São vários os tipos de tratamentos que podem ser realizados no próprio aterro sanitário ou na estação de tratamento de esgoto. O tratamento geralmente utilizado são os biológicos, no qual os principais parâmetros de monitoramento é o de (Demanda Bioquímica de oxigênio) DBO. Entre outros tratamentos temos os de precipitações químicas, oxidação química, floculação, evaporação, filtros biológicos, lagoas de estabilização.

2.4.2.5 Impermeabilização da Base e Laterais

O desenvolvimento de tecnologias de impermeabilização acarretou o aparecimento de materiais apropriados genericamente chamados geossintéticos, que abrange os geotextes, as geomembranas e todos os produtos afins (DUARTE, 2009), conforme a Figura 7.

Figura 7 - Manta impermeabilizante



Fonte: SITE WEBPIAUI.COM

2.4.2.5.1 Geossintéticos

A necessidade de buscas por novas tecnologias que atendam aos aspectos legais e das características geológicas e localização constitui uma ferramenta para a redução dos riscos a saúde e ao meio ambiente. Dentre alguns materiais utilizados está o Poliéster – PER, Poliamida – PA, Polietileno – PE, Polietileno de baixa densidade (PEBD) – LDPE – ,Polietileno de baixa densidade linear (PEBDL), LLDPE – Polietileno de alta densidade (PEAD), HDPE, Polipropileno PP, Poliestireno PS, Cloreto de Polivinilo PVC, Copolímero de etileno com betume ECB, Polietileno clorado CPE.

Estes sistemas recobrem as zonas basais e taludes, contemplando toda a geometria do terreno que se destina ao recebimento dos resíduos. Em suma, deve-se observar alguns requisitos de acordo com a geometria do terreno, tais como:

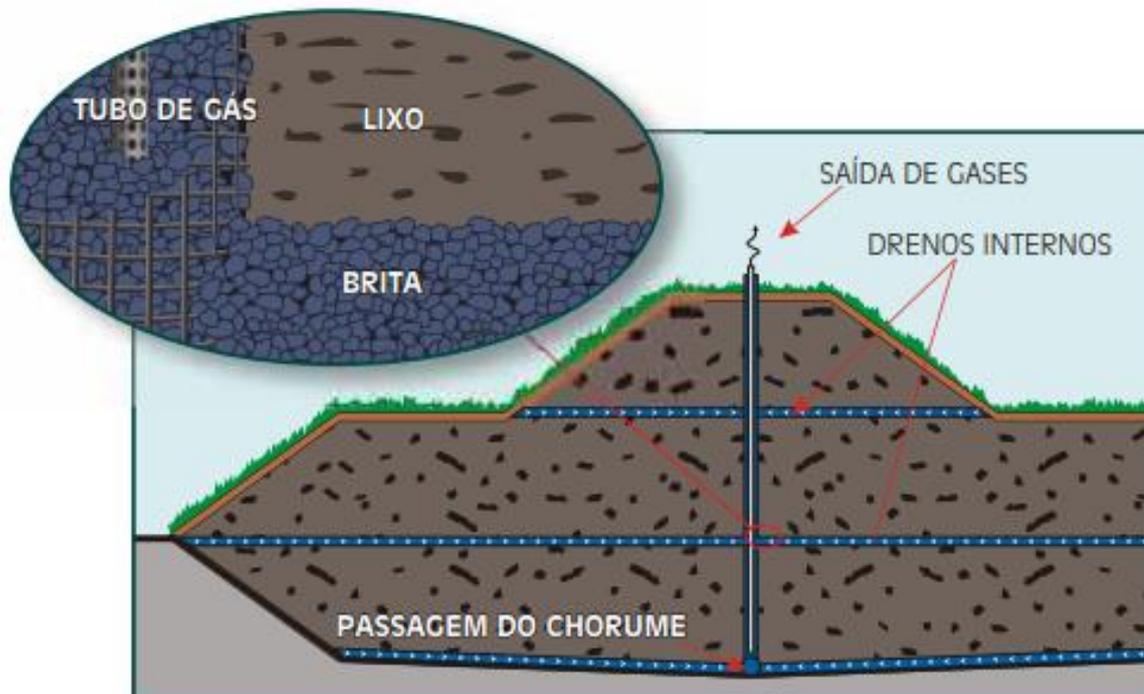
- Barreira passiva existente;
- Capacidade da carga da fundação;
- Inclinação e estabilidade dos taludes;
- Obras de contenção, desvio de linhas de água, obras complementares;
- Drenagem de fundos e dos taludes, sistemas separativos;

O sistema de revestimento e impermeabilização de fundo e lateral tem como principal objetivo impedir a fuga de efluentes líquidos (lixiviados), e gasosos (biogás) durante o período de vida ativa (incluindo o período de fecho) do aterro de resíduo.

2.4.2.6 Sistema de Drenagem e Tratamento de Gases

Os gases produzidos pelos resíduos orgânicos em decomposição nos aterros sanitários geram um biogás altamente poluente quando lançado diretamente na atmosfera causando o efeito estufa, que remete o aumento de temperatura no planeta. A maioria de sua composição é de metano e dióxido de carbono, porém o metano por se tratar de uma ação mais intensa na atmosfera, se faz necessário um projeto de dispersão desse biogás no meio ambiente através dos métodos como a captação do gás para combustão ou pelo tratamento de aproveitamento energético (OBLADEN 2009) conforme apresenta a figura 8.

Figura 8 - Drenagem de gases



Fonte: (CONDER, 2014)

2.4.2.7 Acessos

Deve-se fazer execução de vias de acesso e circulação interna pavimentada sem rampas íngremes e sem curvas acentuadas no aterro sanitário para circulação de caminhões que irão despejar os resíduos coletados. Construir uma edificação que será a entrada do aterro e será controlado por um funcionário que irá monitorar a entrada e saída de veículos (NBR 15849/201).

2.4.2.8 Cobertura Intermediária e Final

Deverá ser descrito a forma de como será realizado a cobertura operacional e final, para evitar a produção de vetores, reduzir o lixiviado, reduzir os odores e gases. As camadas deverão ser dispostas de acordo com a necessidade, a camada diária e feita ao final do trabalho diário, a cobertura intermediária é feita em locais onde a superfície ficará inativa por um determinado tempo, aguardando até a conclusão do patamar para iniciar a seguinte, a cobertura final irá proteger as valas das águas pluviais, reduzir o volume do lixiviado e o escoamento dos gases para a atmosfera e para o crescimento da vegetação feito por um solo

argilo-arenoso esse material apresenta menor retração por secagem com relação aos solos de argila (CASTILHO JUNIOR, 2013) conforme apresenta a figura 9.

Figura 9 - Resíduos sendo espalhado e compactado.



Fonte: (MEDEIROS, 2012)

2.4.3 Memorial Técnico

Conforme estabelecem a (NBR 8419/1992), devem-se apresentar os seguintes elementos:

- Cálculos dos elementos do projeto;
- Vida útil do aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos;
- Sistemas de drenagem superficial;
- Sistemas de drenagem e remoção dos lixiviados;
- Sistemas de drenagem de gás;
- Sistema de tratamento de lixiviados;
- Cálculo de estabilidade do talude de terra e dos resíduos sólidos locados.

3 METODOLOGIA

3.1 Objetos de Estudo

O Panorama de resíduos sólidos no Brasil (2016) feito pela ABRELPE (2016) demonstrou que o Tocantins teve uma coleta per capita de 0,515 (kg/hab/dia). O município de Miranorte atende os requisitos mínimos para a implantação do aterro de resíduos sólidos urbanos, tendo como produção máxima diária de resíduos de 20 toneladas. Fez-se um levantamento das possíveis áreas para a implantação do aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos e que atenda todos os requisitos ambientais, leis e normas.

3.3 Determinação da vida útil do aterro

A NBR 15849/2010 de aterro sanitário de pequeno porte determina uma vida útil de no mínimo 15 anos, esse tempo mínimo será adotado para o dimensionamento do município de Miranorte – TO.

3.4 Dimensionamento da vala e o crescimento populacional

O dimensionamento das valas ocorreu após o levantamento da população atual e assim como a estimativa de crescimento ao longo dos anos.

3.4.1 Produção diária de R.S.U. e produção de resíduos per capita

A produção diária de RUS e per capita, foi calculada a partir da equação 1 a seguir.

Produção diária de R.S.U. (Pd):

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

Em que:

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

Produção de resíduos per capita (Ppc):

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

Em que:

η = Abrangência do serviço de coleta(%)

p = População urbana atual (habitantes)

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

O cálculo levantamento do volume diário e anual de ocupação de resíduos é de:

Volume diário de ocupação (Vd):

$$Vd = \left(\frac{P * Ppc * \eta}{d} \right) * tc \text{ (m}^3\text{/dia), equação 3}$$

Em que:

p = População urbana atual (habitantes)

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

η = Abrangência do serviço de coleta(%)

d = Densidade de resíduo 1 (kg/m³)

Tc = Fator de material de cobertura (%)

A densidade (d) dos resíduos sólidos compactados é empregada para o cálculo do volume da trincheira a ser escavada. Utiliza-se a densidade entre 400 e 500 kg/m³ (JARAMILLO 1991 citado por CASTILHOS JUNIOR, 2003).

Volume anual de ocupação (Va):

$$Va = Vd * 365 \text{ (m}^3\text{/ano), equação 4}$$

3.5 Volumes e dimensões das valas

3.5.1 Volume médio diário e mensal de ocupação de resíduos

Cálculo do volume médio e mensal da ocupação dos resíduos.

Volume médio diário (Vmd):

$$Vmd = \frac{\sum Va}{15 \cdot 365} \text{ (m}^3\text{), equação 5}$$

Para o cálculo do volume da trincheira é necessário o cálculo do volume médio mensal de resíduos, como também será adotado a quantidade de meses necessários para completá-la, no qual será utilizado 3 meses (CASTILHOS JUNIOR, 2003).

Volume médio Mensal (Vmm):

$$Vmm = Vmd \cdot 30 \text{ (m}^3\text{/mês), equação 6}$$

3.5.2 Volume da trincheira e o comprimento médio da trincheira

Cálculo do volume da trincheira e o seu comprimento médio.

Volume da trincheira (Vt):

$$Vt = n^{\circ} \text{ meses} \cdot Vmm \text{ (m}^3\text{), equação 7}$$

A dimensão da trincheira é feita de acordo com as dimensões do equipamento que será utilizado para a escavação.

Comprimento médio da trincheira (L):

$$\text{Área} = \left(\frac{B+b}{2} \right) \cdot p \text{ (m}^2\text{), equação 8}$$

$$L = \frac{Vt}{\text{Área}} \text{ (m), equação 9}$$

Em que:

B = Base maior (m)

b = Base menor (m)

p = Profundidade (m)

3.5.3 Volume de ocupação dos resíduos por trincheira e o volume da escavação das valas

Fez-se o levantamento do volume de resíduos no qual a trincheira irá suportar e o volume da vala que será escavado.

Volume de ocupação dos resíduos (Vo):

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

Em que:

Vo = Volume de ocupação dos resíduos por trincheira

h = Altura da trincheira

SB = área da base maior

Sb = área da base menor

Volume da escavação das valas (Ve):

$$V_e = \frac{h}{3} * (SB + (\sqrt{SB * Sb}) + Sb) \text{ , equação 11}$$

3.6 Determinação do número de células (valas) para os anos de vida útil do projeto

Procedeu-se o levantamento do número de valas para atender a vida útil do aterro sanitário.

Numero de valas (Nº va):

$$N^{\circ} va = \frac{\sum V_a}{V_o} \text{ , equação 12}$$

A largura da base maior (B), que fica na superfície do terreno foi adotada conforme a NBR 15849, não podendo superar os 8 m.

3.7 Dimensionamento da Área do Aterro Sanitário

Levantamento do quantitativo da área do aterro sanitário.

Área superficial (As):

$$As = L * b \text{ (m}^2\text{), equação 13}$$

3.8 Dimensionamento da Impermeabilização da Base e Laterais das Valas

Para garantir a segurança e a proteção contra infiltrações, serão utilizadas mantas plásticas de alta densidade para a impermeabilização da base e laterais das valas. As geomembranas irão cobrir a camada de solo compactado, com espessura mínima de 60 cm e k (condutividade hidráulica) menor que 10^{-7} cm/s. Garantindo que não haja vazamento dos líquidos residuais para o lençol freático (CASTILHOS JUNIOR, 2003).

3.8.1 Dimensionamento do solo

O dimensionamento do solo é feito assim:

Volume de solo necessário para uma célula = Volume de escavação das valas – Volume de ocupação dos resíduos por trincheira, equação 14

Volume de solo necessário para o aterro = Volume de solo necessário para uma célula * quantidade em valas a serem escavadas, equação 15

3.8.2 Dimensionamento da manta

O levantamento do sistema da manta de proteção do solo.

Considerando 1,5 m de ancoragem para cada lado.

Na lateral considerada: diagonal = $b^2 + c^2$, equação 16

Em que:

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

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

Área lateral menor (são duas) = diagonal * ((Base + Topo) / 2), equação 18

Área da base = Comprimento da base * Largura da base), equação 19

Ancoragem = Perímetro do topo * 1.5, equação 20

Área da manta por vala = (2 * Área lateral maior) + (2 * Área lateral menor) + Área da base + Ancoragem, equação 21

Área da manta para o aterro = Área da manta por vala * Quantidade em valas a serem escavadas, equação 22

3.9 Dimensionamento do Sistema de Drenagem das Águas Pluviais

O sistema de drenagem das águas pluviais foi realizado através do acumulo 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 para dimensionar a vazão do sistema.

$$Q = C * i * A, \text{ equação 23}$$

Em que:

Q = Vazão a ser drenada (m³/s);

A = Área da bacia contribuinte (m²);

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

i = Intensidade da chuva crítica (mm/h)

$$i = \frac{(K * T)^a}{(t + b)^c}, \text{ equação 24}$$

Em que:

T = período de retomo (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:

$$Q = \frac{1}{n} * S * RH^{2/3} * 1^{1/2}, \text{ equação 25}$$

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

Em que:

Q = Vazão de projeto = vazão a ser drenada (m³/s);

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

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

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

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

3.10 Dimensionamento do Sistema de Drenagem e Tratamento de Lixiviados

Para determinar a vazão do chorume através do método suíço (OBLADEN, 2009).

$$Q = \frac{1}{t} \times P \times A \times K \text{ (L/s), equação 26}$$

Em que:

Q = Vazão (L/s)

K = 0,35 (geralmente adotado para aterro com compactação entre 0,4 e 0,7 t/m³)

A = Área do aterro (m²)

P = Precipitação anual (mm/ano)

t = 31.536.000 (seg/ano)

Dimensionamento da lagoa facultativa:

$$T = 3,5 * \left[\left(\frac{Y}{200} \right) * (1,072^{35-t}) \right], \text{ equação 27}$$

Em que:

T = Tempo de detenção em dias

T = Temperatura média (°C) - geralmente igual a 25°C

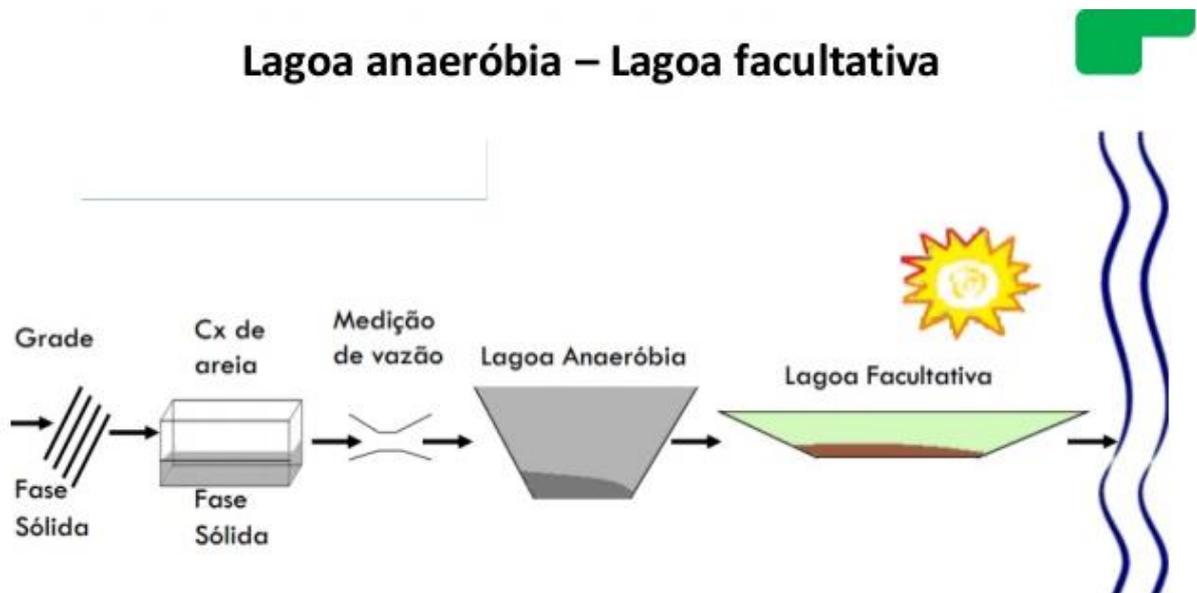
Y = DBO (Demanda bioquímica de oxigênio), (mg/L) – Considera-se redução de 50% tendo em vista a eficiência do tratamento anaeróbico. Obtendo-se o tempo de detenção (T) é possível calcular o volume da lagoa.

Volume da Lagoa Facultativa:

$V = Q \text{ (m}^3\text{/dia)} \times T \text{ (dias)} \text{ (m}^3\text{)}$, equação 28

O talude estará na proporção de 1:2 e terá sua profundidade de 1,50m e poderá ser aproximadamente 0,50 a 1,00m para compor o bordo livre da lagoa. O fundo e as laterais serão impermeabilizados mediante o uso de geomantas conforme a apresenta 10.

Figura 10 - Lagoas Facultativa secundária



Fonte: Logica ambiental

3.11 Dimensionamentos do Sistema de Drenagem e Tratamento de Gases

O Sistema de drenagem dos gases deve ser considerado conforme o Quadro 02, especialmente quando forem significativas:

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

Quadro 02 – Instruções para drenagem dos gases

Características de operação		Altura final do aterro (m)	
		≤ 3	> 3
Fração orgânica dos resíduos (%)	≤ 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)

Para o escoamento dos gases serão utilizados drenos verticais com diâmetros que variam de 50 cm a 100 cm, sendo preenchidos com brita 3, 4 ou 5.

3.12 Isolamento do aterro

Foi apresentado como procederá o isolamento do aterro sanitário através de barreiras físicas que limite o acesso de pessoas não autorizadas e animais, dispendo também de cerca viva arbustiva no perímetro (ABNT, 2010).

3.13 Coberturas finais

Quando a célula atingir o seu limite de capacidade de armazenar os resíduos, será necessário realizar uma cobertura de solo com espessura de 60 cm e plantação de vegetação sobre a célula.

3.14 Projeto Executivo

O projeto é apresentado com plantas e desenhos que possibilitem a sua compreensão contemplando os seguintes itens conforme apresenta a ABNT (2010):

- 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;
- Configuração final do aterro;

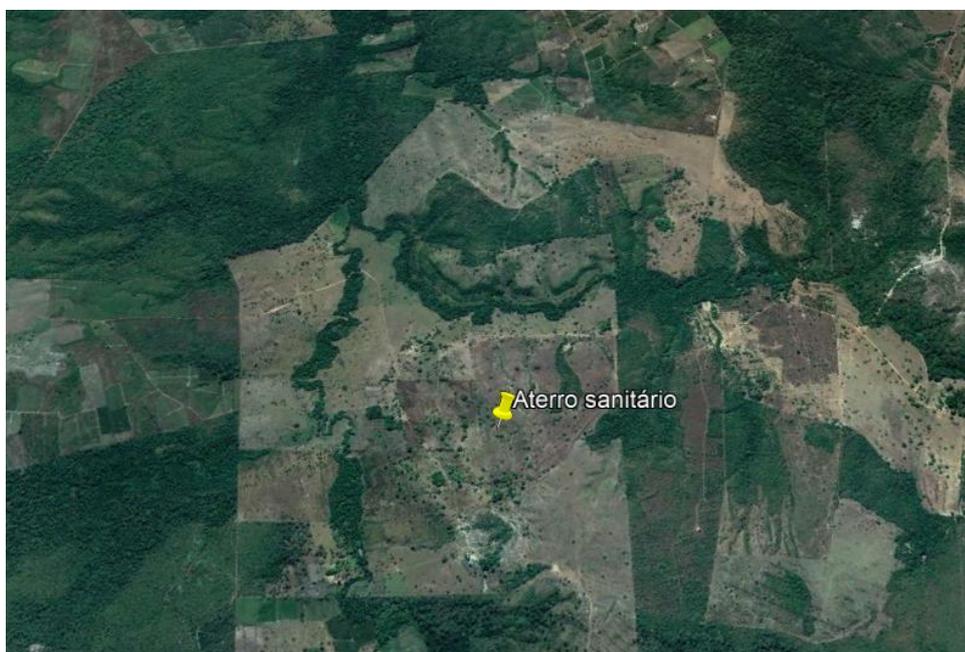
- Acessos, portões, isolamento do aterro por meio de barreira física, guarita e edificações que sejam necessárias;
- Sistemas de proteção ambiental necessários;
- Localização dos pontos de coleta de águas superficiais.

3.15 Levantamento de dados da área selecionada para implantação do aterro

A área selecionada para a implantação do aterro sanitário possui as seguintes características como apresenta a figura 11:

- Distância aproximada de 15 km da cidade;
- O local possui pouca vegetação;
- O curso hídrico mais próximo fica aproximadamente 10 km de distância (rio providência);
- Coordenadas geográficas: 9°35'49.24"S 48°33'54.70"W;
- Expansão Urbana: esta área está afastada de qualquer planejamento para expansão urbana;

Figura 11 - Vista aérea da área onde ficará localizado o Aterro Sanitário do município de Miranorte - TO



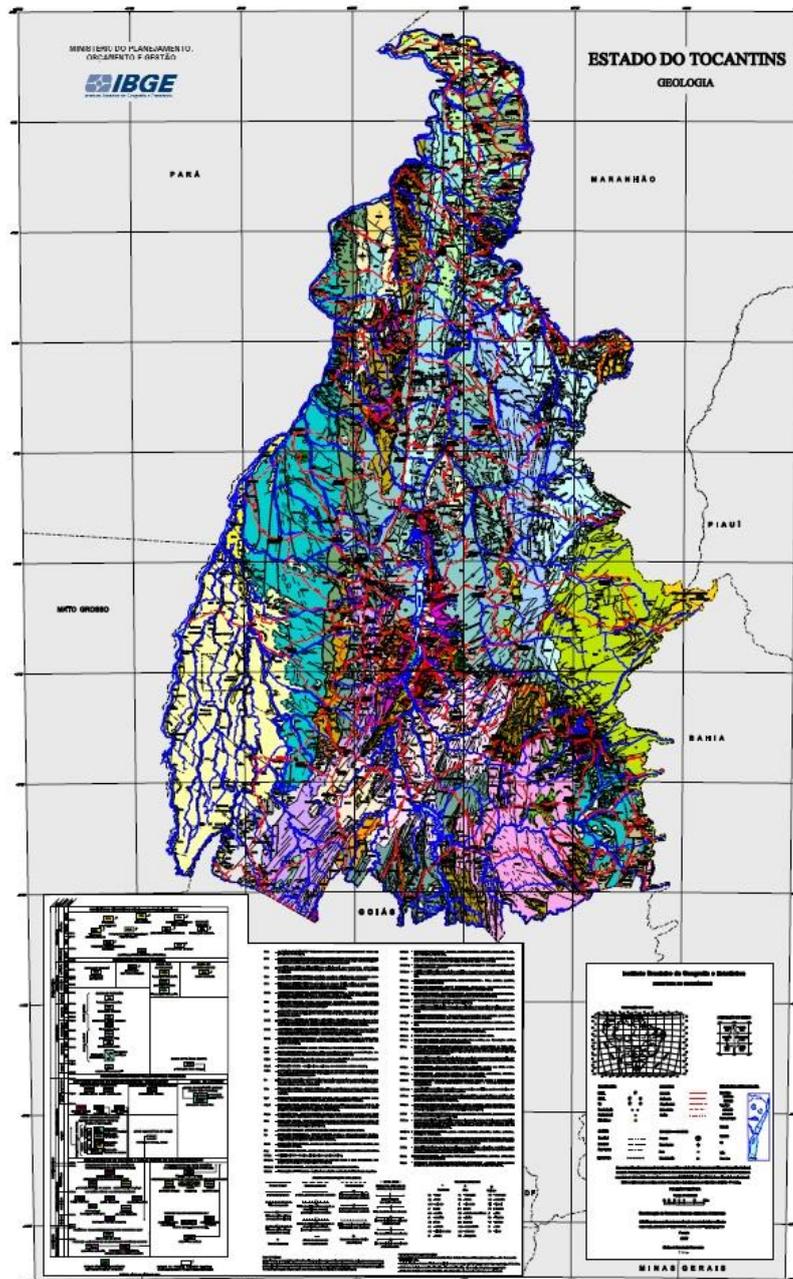
Fonte: Google (2018, online).

4 RESULTADO

4.1 Determinações do tipo de solo da região pelo mapa geológico

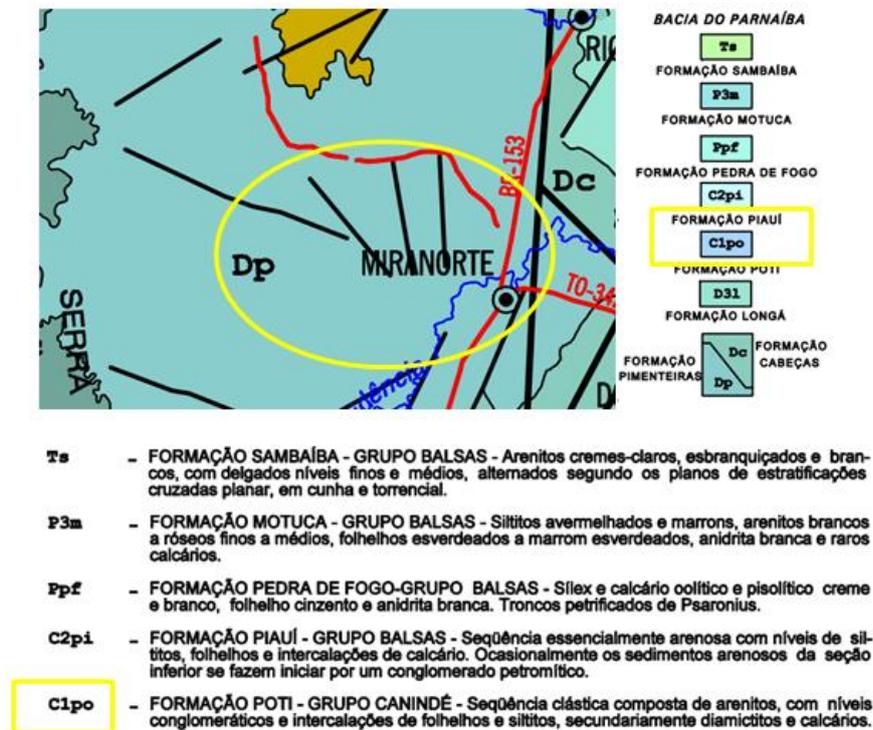
Como não foi possível à utilização de uma sondagem no local, foi consultado ao site do IBGE para verificar a composição do solo em Miranorte – TO conforme apresenta o mapa na figura 12.

Figura 12 - Mapa geológico do estado do Tocantins



Fonte: IBGE(2007).

Figura 13 – Ampliação da legenda do mapa geológico



Fonte: Do Autor (2018).

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

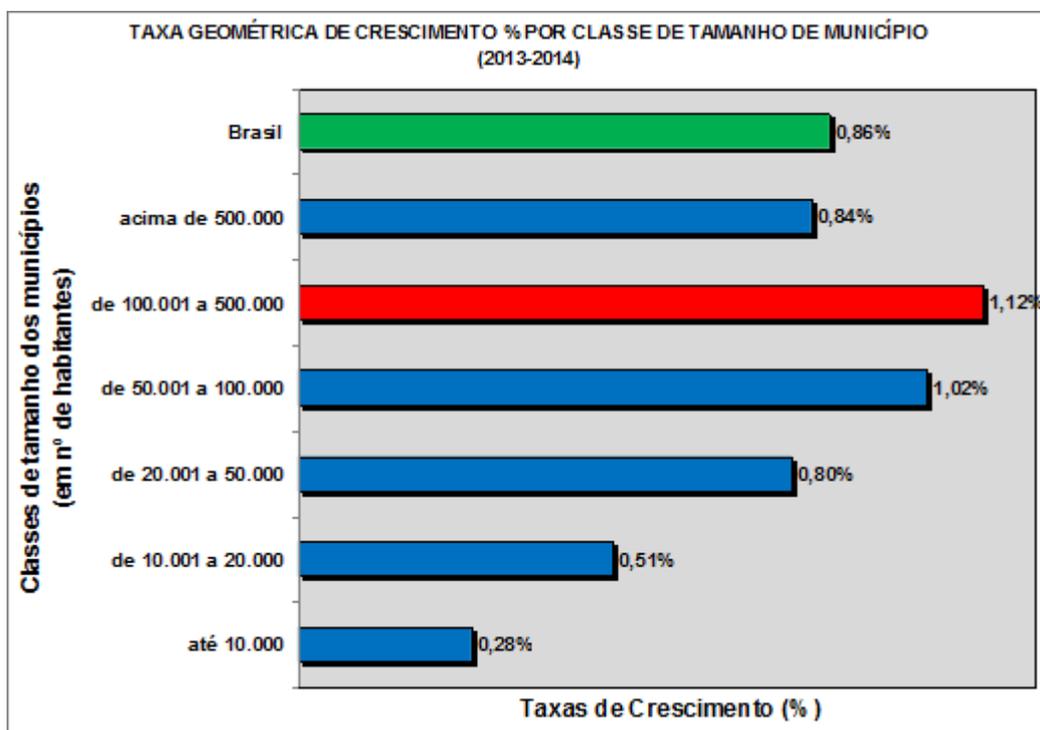
- Para consistência e granulometria das camadas de subsolo na base do aterro recomenda-se a utilização de solos naturalmente pouco permeáveis (solos argilosos, argilo-arenosos ou argilo siltosos);
- Caso haja corpos d'água superficiais no entorno da área, recomenda-se uma distância mínima de 200 m;
- 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.

4.2 Dimensionamento das Valas

4.2.1 Previsão de crescimento populacional do município

Conforme apresenta o IBGE 2010, o município de Miranorte – TO possui uma população de 12.623 habitantes, na projeção da população foi utilizado um crescimento 0,51% , de acordo com o gráfico da taxa geométrica da figura 14.

Figura 14 – Crescimento dos municípios por classe



Fonte: IBGE (2014).

A partir da taxa de crescimento acima citada, fez-se a projeção da população do município para o ano de 2033, conforme o QUADRO 03 abaixo.

Quadro 03 - Previsão de crescimento populacional

ANOS	PORCETANGEM DE CRESCIMENTO	QUANT. DE PESSOAS QUE NASCEM	POPULAÇÃO TOTAL
2010	0,51	-	12623
2011	0,51	64	12687
2012	0,51	65	12752
2013	0,51	65	12817
2014	0,51	65	12882
2015	0,51	66	12948
2016	0,51	66	13014
2017	0,51	66	13081
2018	0,51	67	13147
2019	0,51	67	13214
2020	0,51	67	13282
2021	0,51	68	13349
2022	0,51	68	13418
2023	0,51	68	13486
2024	0,51	69	13555
2025	0,51	69	13624
2026	0,51	69	13693
2027	0,51	70	13763
2028	0,51	70	13833
2029	0,51	71	13904
2030	0,51	71	13975
2031	0,51	71	14046
2032	0,51	72	14118
2033	0,51	72	14190

Fonte: Do Autor (2018).

4.2.2 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 (2019):

Produção de resíduos diário e anual

Dados:

População urbana = 13.214 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,515 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m³

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação = $(13.214 * 0,515 * 1/500) * 1,25 = 17,01 \text{ m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação = $17,01 * 365 = 6.209 \text{ m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 2º ano (2020):

Produção de resíduos diário e anual

Dados:

População urbana = 13.282 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,515 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m³

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação = $(13.282 * 0,515 * 1/500) * 1,25 = 17,10 \text{ m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação = $17,10 * 365 = 6.242 \text{ m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 3º ano (2021):

Produção de resíduos diário e anual

Dados:

População urbana = 13.349 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,515 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m³

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação = $(13.349 * 0,515 * 1/500) * 1,25 = 17,19 \text{ m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação = $17,19 * 365 = 6.274 \text{ m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 4º ano (2022):

Produção de resíduos diário e anual

Dados:

População urbana = 13.418 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,515 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m³

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação = $(13.418 * 0,515 * 1/500) * 1,25 = 17,28 \text{ m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação = $17,28 * 365 = 6306 \text{ m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 5º ano (2023):

Produção de resíduos diário e anual

Dados:

População urbana = 13.486 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,515 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m³

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação = $(13.486 * 0,515 * 1/500) * 1,25 = 17,36 \text{ m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação = $17,36 * 365 = 6.337 \text{ m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 6º ano (2024):

Produção de resíduos diário e anual

Dados:

População urbana = 13.555 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,515 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m³

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação = $(13.555 * 0,515 * 1/500) * 1,25 = 17,45 \text{ m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação = $17,45 * 365 = 6.370 \text{ m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 7º ano (2025):

Produção de resíduos diário e anual

Dados:

População urbana = 13.624 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,515 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m³

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação = $(13.624 * 0,515 * 1/500) * 1,25 = 17,54 \text{ m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação = $17,54 * 365 = 6.403 \text{ m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 8º ano (2026):

Produção de resíduos diário e anual

Dados:

População urbana = 13.693 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,515 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m³

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação = $(13.693 * 0,515 * 1/500) * 1,25 = 17,63 \text{ m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação = $17,63 * 365 = 6.435 \text{ m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 9º ano (2027):

Produção de resíduos diário e anual

Dados:

População urbana = 13.763 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,515 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m³

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação = $(13.763 * 0,515 * 1/500) * 1,25 = 17,72 \text{ m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação = $17,72 * 365 = 6.468 \text{ m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 10º ano (2028):

Produção de resíduos diário e anual

Dados:

População urbana = 13.833 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,515 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m³

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação = $(13.833 * 0,515 * 1/500) * 1,25 = 17,81 \text{ m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação = $17,81 * 365 = 6.501 \text{ m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 11º ano (2029):

Produção de resíduos diário e anual

Dados:

População urbana = 13.904 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,515 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m³

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação = $(13.904 * 0,515 * 1/500) * 1,25 = 17,90 \text{ m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação = $17,90 * 365 = 6.534 \text{ m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 12º ano (2030):

Produção de resíduos diário e anual

Dados:

População urbana = 13.975 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,515 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m³

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação = $(13.975 * 0,515 * 1/500) * 1,25 = 18 \text{ m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação = $18 * 365 = 6.570 \text{ m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 13º ano (2031):

Produção de resíduos diário e anual

Dados:

População urbana = 14.046 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,515 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m³

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação = $(14.046 * 0,515 * 1/500) * 1,25 = 18,08 \text{ m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação = $18,08 * 365 = 6.600 \text{ m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 14º ano (2032):

Produção de resíduos diário e anual

Dados:

População urbana = 14.118 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,515 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m³

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação = $(14.118 * 0,515 * 1/500) * 1,25 = 18,18 \text{ m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação = $18,18 * 365 = 6.636 \text{ m}^3/\text{ano}$

Levantamento para o 15º ano (2033):

Produção de resíduos diário e anual

Dados:

População urbana = 14.190 habitantes

Geração per capita de RSU = 0,515 kg/hab/dia

Densidade do RSU = 500 kg/m³

Abrangência de coleta do serviço = 100%

Fator de material de cobertura = 25%

Volume diário de ocupação = $(14.190 * 0,515 * 1/500) * 1,25 = 18,27 \text{ m}^3/\text{dia}$

Volume anual de ocupação = $18,27 * 365 = 6669 \text{ m}^3/\text{ano}$

Figura 15 - Gráfico dos volumes de RSU gerados durante os anos da vida útil



Fonte: Do Autor (2018)

4.3 Volumes e dimensões das valas

4.3.1 Volume médio diário de ocupação (Vmd) e Volume médio mensal de resíduos (Vmm)

Somatória anual de resíduos= $\sum 6209 + 6242 + 6274 + 6306 + 6337 + 6370 + 6403 + 6435 + 6468 + 6501 + 6534 + 6570 + 6600 + 6636 + 6669 = 96554 \text{ m}^3$

Volume Médio Diário (Vmd)

Tempo: 15 anos

1 ano = 365 dias

Somatório de resíduos: 96554 m^3

$Vmd = 96554 / (15 \cdot 365)$

$Vmd = 17,64 \text{ m}^3$

Volume Médio Mensal (Vmm)

1 mês: 30 dias

$Vmd = 17,64 \text{ m}^3$

$Vmm: 17,64 \text{ m}^3 \cdot 30 \text{ dias}$

V_{mm} : 529,20 m³

4.3.2 Volume da trincheira (Vt) e Comprimento médio da trincheira (L)

O cálculo do volume da trincheira foi feito considerando que cada trincheira será completamente preenchida em 2 meses conforme a figura 16.

Volume médio mensal: 529,20 m³

Tempo: 2 meses

$V_t = 529,20 \text{ m}^3 * 2 \text{ meses}$

V_t : 1058,4 m³

Dados:

Base maior = 8 m

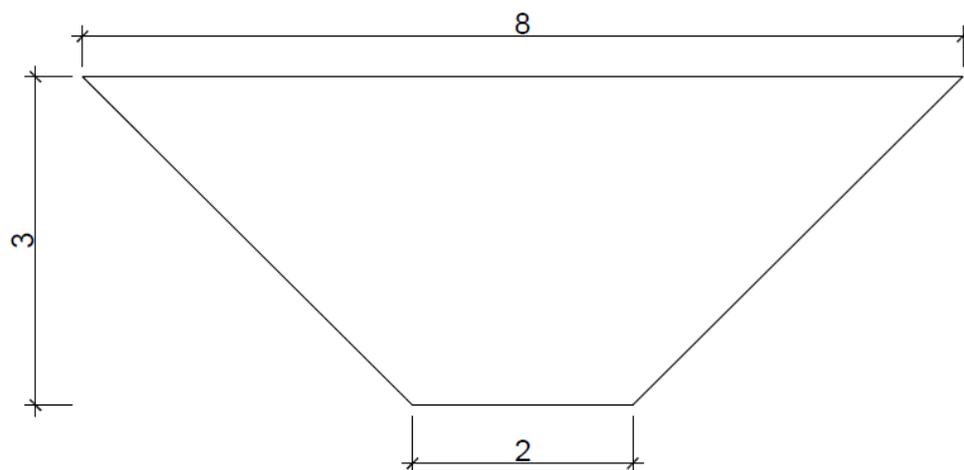
Base menor = 2 m

Profundidade = 3 m

Volume da trincheira = 1058,4 m³

$L = 1058,4 / ((8+2)/2)*3 = 71 \text{ m}$

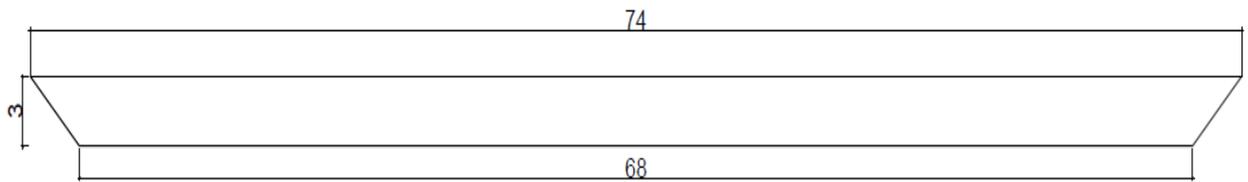
Figura 16 – Dimensões da vala



Fonte: Do Autor (2018)

Com base no cálculo feito pelo comprimento médio obtivemos 71 m, fazendo a relação entre a inclinação da vala de 1:1 e a profundidade de 3 m, vamos adotar a base maior de 74 m e a menor de 68 m conforme a figura 17.

Figura 17 – Comprimento da base maior e menor da vala



Fonte: Do Autor (2018)

4.3.3 Volume de ocupação dos resíduos por vala (Vo)

Área superior da vala

Comprimento = 74 m

Largura = 8,00 m

Área = $74 * 8,00 = 592 \text{ m}^2$

Área inferior da vala

Comprimento = 68 m

Largura = 2,00 m

Área = $68 * 2 = 136 \text{ m}^2$

Profundidade da vala

Profundidade = 3,00 m

Volume de ocupação dos resíduos por vala (Vo):

$$V_o = \frac{3}{3} * ((\sqrt{(592 * 136)} + 136 + 592) = 1012 \text{ m}^3$$

Base maior = 8,00 m

Base menor = 2,00 m

Profundidade = 3,00 m

Comprimento maior = 74 m

Comprimento menor = 68 m

Volume = 1225 m³

4.3.4 Volume de escavação das Trincheiras (Ve)

Para atender um bom sistema de impermeabilização, será feito camadas de 60 cm no fundo e nas laterais antes da aplicação da manta de PEAD para garantir a eficiência da impermeabilização. Para a escavação da vala foi adotado as seguintes dimensões conforme a figura 18.

Geometria da vala:

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

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

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

$$\text{Comprimento maior} = 74 + (2 * 0,60) = 75,2 \text{ m}$$

$$\text{Comprimento menor} = 68,00 \text{ m}$$

Área da base maior da vala (superfície):

$$\text{Comprimento} = 75,2 \text{ m}$$

$$\text{Largura} = 9,2 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 75,2 * 9,2 = 691,84 \text{ m}^2$$

Área da base menor da vala (fundo):

$$\text{Comprimento} = 68 \text{ m}$$

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

$$\text{Área} = 68 * 2,00 = 136 \text{ m}^2$$

Volume de escavação das valas (Ve):

$$\text{Ve} = 3,60/3 * ((\sqrt{691,84 + 136}) + 691,84 + 136) = 1028$$

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

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

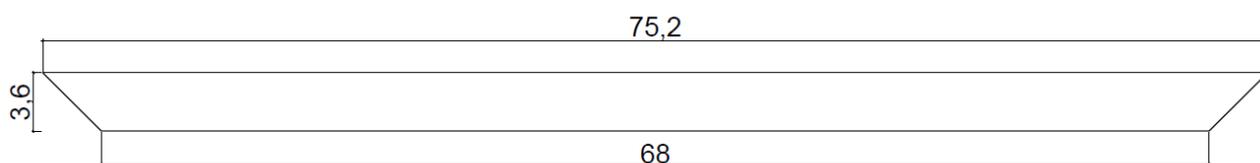
$$\text{Profundidade} = 3,00 + 0,60 = 3,60 \text{ m}$$

$$\text{Comprimento maior} = 75,2 \text{ m}$$

$$\text{Comprimento menor} = 68 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = 1500 \text{ m}^3$$

Figura 18 – Dimensões de escavação das valas



Fonte: Do Autor (2018)

4.4 Determinação da quantidade de valas para os 15 anos de vida útil do projeto

Quantidade de Valas = $(6209 + 6242 + 6274 + 6306 + 6337 + 6370 + 6403 + 6435 + 6468 + 6501 + 6534 + 6570 + 6600 + 6636 + 6669)/1225 = 79$ 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.

4.5 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^{-7} 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.

4.5.1 Dimensionamento do solo

Volume de solo necessário para uma célula:

$$V_0 = 1500 - 1225 = 275 \text{ m}^3$$

Volume de solo necessário para 79 células:

$$\text{Volume total} = 275 * 79 = 21.725 \text{ m}^3$$

4.5.2 Dimensionamento da manta

Foi aplicada uma manta de geomembrana PEAD com espessura de 1,00 mm, no fundo e nas laterais para melhorar o sistema de impermeabilização visando atender a norma e todos os parâmetros ambientais.

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

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

$$\text{Área lateral maior} = 4,24 * ((74 + 68)/2) = 301,04 \text{ m}^2$$

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

$$\text{Área da base} = 68 * 2 = 136 \text{ m}^2$$

$$\text{Ancoragem} = (74 + 74 + 8 + 8) * 1,5 = 246 \text{ m}^2$$

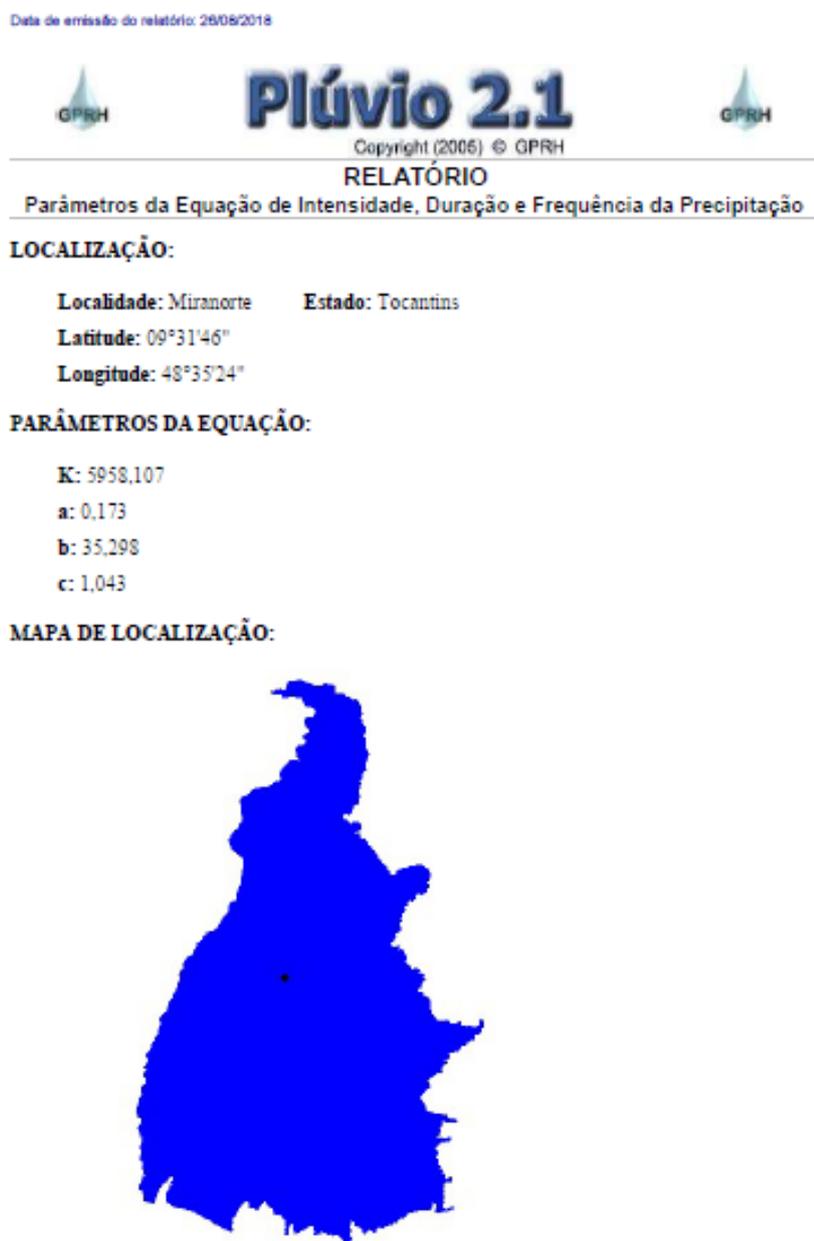
$$\text{Área da manta por célula} = (2 * 301,04) + (2 * 21,20) + 24 + 78 = 271,60 \text{ m}^2$$

$$\text{Área da manta para o aterro com 79 células} = 79 * 271,60 = 21.456,4 \text{ m}^2$$

4.6 Dimensionamento do Sistema de Drenagem das Águas Pluviais

O sistema de drenagem das águas pluviais é muito importante, baseando-se que a quantidade de água que percola sobre os resíduos aumenta a quantidade de chorume. Para o dimensionamento foi adotando um período de retorno de 5 anos com precipitação de 30 minutos. Foi utilizado o programa Plúvio 2.1, para a obtenção dos parâmetros “K”, “a”, “b” e “c” para a aplicação nos cálculos conforme a figura 19.

Figura 19 - Parâmetros da Equação IDF



Fonte: Plúvio 2.1(2018)

4.6.1 Intensidade da chuva crítica (i)

Dados:

$$K = 5958,107$$

$$A = 0,173$$

$$b = 35,298$$

$$e = 1,043$$

$$i = ((5958,107 * 5^{0,173}) / ((30 + 35,298)^{1,043})) = 100,71 \text{ mm/h}$$

4.6.2 Área da bacia Contribuinte (A)

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

4.6.3 Coeficiente de escoamento superficial (C)

Foi adotado o escoamento superficial do DNIT (2005) para o tempo de retorno de 5 anos .

Quadro 04 - 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 05 - Valores de C para várias superfícies, declividade e tempos de retorno

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/telhado	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.

4.6.4 Vazão drenada

$$Q = (0,28 * (100,71 / 1000) * 96400) / 3600 = 0,756 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.6.5 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) = $(\pi x D^2)/8$;

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:

$$D = 1,28 \text{ m, logo: } 1500 \text{ mm}$$

4.7 Dimensionamento do Sistema de Drenagem e Tratamento de Lixiviados

4.7.1 Vazão

Dados:

K = 0,35 (Este valor será utilizado em razão da densidade do RSU compactado de o aterro ser de 0,5 t/m³ o que segundo Castilhos Junior (2003), normalmente utiliza-se a densidade entre 400 e 500 kg/m³).

Área do aterro (A):

$$\text{Área de uma vala} = 8,00 * 74,00 = 592,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de 87 valas} = 87 * 592 = 51504 \text{ m}^2$$

Precipitação anual (P) = 1934 mm (Segundo o site Climate-data(201, online)).

Tempo (t) = 31.536.000 segundos no ano

$$\text{Vazão} = (1/31.536.000) * 1934 * 51504 * 0,35 = 0,94 \text{ L/s}$$

4.8 Dimensionamento do Sistema de Drenagem e Tratamento de Gases

Foi aplicados tubos de PEAD (Polietileno de alta densidade) perfurado em todo o seu prolongamento, com o diâmetro de 500 mm cobertos com brita 3 para evitar a obstrução dos furos impedindo a saída dos gases. A altura dos tubos foi de 4,5 m para atender do fundo da celular a cobertura final dos resíduos sobrando 0,5 m após a última camada. A distância de um dreno a outro é de 20 m em toda a extensão da célula.

4.9 Cobertura final

Foi aplicada uma camada de solo com espessura de 60 cm. A cobertura final é de suma importância pois além de proteger a célula contra possíveis fatores externos, também ajudará na recuperação ambiental.

5 CONCLUSÃO

De acordo com a presente pesquisa, concluímos que o dimensionamento para a construção de um aterro sanitário em valas no município de Miranorte – TO é de suma importância, visto que a população deste município atende aos requisitos quantitativos de geração de resíduos sólidos. Na escolha da área para a instalação do aterro foi levado em consideração alguns requisitos: distância de recursos hídricos, expansões habitacionais, aeroportos, a distância entre o aterro sanitário e a cidade é de 15 km.

No ano de 2019, projetou-se uma produção de resíduos de 6.209 m³/ano, até que em 2033 uma geração de 6.669 m³/ano de resíduos sólidos. Cada trincheira teve um volume médio de 1058,4 m³, assim serão necessárias 79 valas, os comprimentos das valas são de 74 m da borda superior e 68 m de inferior com altura de 3 m, o diâmetro para o a drenagem da água pluvial foi de 1500mm.

Por outro lado, a ausência de um sistema de tratamento de resíduos sólidos impacta negativamente no meio ambiente, provocando um desequilíbrio ao ecossistema da região. O dimensionamento do aterro é rentável e requer a aplicação de pouca mão de obra e maquinário, a destinação final dos resíduos sólidos é outro tema importante, devido que a coleta seletiva pode ser um potencial gerador de renda para a população de baixa renda, visto que se poderia investir na reciclagem de materiais com diversas finalidades. Assim, o dimensionamento do aterro visa contribuir para o desenvolvimento socioeconômico da região e dar ao município um sistema de tratamento e destinação final dos resíduos sólidos gerados pela população de Miranorte – TO.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 8419 - Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos, de Abril de 1992.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 10004 - RESÍDUOS SÓLIDOS – Classificação, de Novembro de 2004.

ABNT – Associação Brasileira De Normas Técnicas NBR 15.849 - Resíduos Sólidos Urbanos: Aterros Sanitários De Pequeno Porte – Diretrizes Para Localização, Projeto, Implantação, Operação E Encerramento, de Julho de 2010.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresa de Limpeza Pública – PANORAMA DOS RESÍDUOS SOLIDOS NO BRASIL 2016 – São Paulo – SP, 2016.

BRASIL, Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília- DF, 2010.

BRASIL, Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 - Política Nacional Do Meio Ambiente. Brasília-DF, 1981.

CABRAL, C.R., Aproveitamento Do Biogás Em Aterros Sanitários – Especificações Construtivas Beneficiando Aspectos Ambientais e Energético – Universidade de São Paulo (USP), SP, 2009.

CASTILHOS JUNIOR, A. B. , Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte, REDE COOPERATIVA DE PESQUISA PROSAB, SC: Florianópolis, 2003.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL RUBENS LARA. Procedimento para Implantação de Aterro Sanitario em Valas. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Estado de Meio Ambiente, 2005.

CONAMA Resolução Nº 404/2008 - "Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos." - Data da legislação: 11/11/2008 - Publicação DOU nº 220, de 12/11/2008.

CONAMA Resolução Nº306/2002. **“Estabelece os requisitos mínimos e o termo de referência para realização de auditorias ambientais”**. – Data da legislação: 05/07/2002 - Publicação DOU nº 138, de 19/07/2002.

CONAMA resolução Nº308. **“Licenciamento Ambiental De Sistemas De Disposição Final Dos Resíduos Sólidos Urbanos Gerados Em Municípios De Pequeno Porte”**. – Data da legislação: 21/03/2002 - Publicação DOU nº 144, de 29/07/2002, págs. 77-78

CONDER – COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO DO ESTADO DA BAHIA. **Manual de Operação de Aterros Sanitários. Secretaria do Planejamento, Ciência e Tecnologia – SEPLANTEC.**

DUARTE, Alessandro Fernandes da Silva. **Aplicação de Geossintéticos na Impermeabilização e Selagem de Aterros**. 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATICAS. **Censo populacional do município de Miranorte do Tocantins- TO, 2010.**

IWAI, Cristiano Kenji. **Avaliação Da Qualidade Das Aguas Subterraneas E Do Solo Em Areas De Disposição Final De Residuos Solidos Urbanos Em Municipios De Pequeno Porte: Aterro Sanitario Em Valas**. São Paulo – SP, 2012.

KROETZ, Carlos Eduardo. **Desenvolvimento de um sistema de apoio ao dimensionamento e estimativa de custos de aterros sanitários em trincheiras para municípios de pequeno porte**. 2003.

LIMA, P. G., TAMARINDO, U. G. F., FORTI, J. C., BRAGA JUNIOR S. S. **Avaliação De Um Aterro Sanitário Por Meio Do Índice De Qualidade De Resíduos Sólidos**. Brazilian Journal of Biosystems Engineering v. 11(1): 88-106, UNESP – Univ. Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Engenharia, Tupã, SP, Brasil, 2017.

LOCASTRO, J. K.; DE ANGELIS, B. L. D. **Barreiras de impermeabilização: configurações aplicadas em aterros sanitários**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. Santa Maria, v. 20, n. 1, jan.-abr., p. 200-210, 2016.

MANUAL DO ATERRO - SITE WWW.UNIPACVALEDOACO.COM.BR - **MANUAL** Para Implantação De Aterros Sanitários Em Valas De Pequenas Dimensões, Trincheiras E em células -
disponível: www.unipacvaledoaco.com.br/ArquivosDiversos/MANUAL_DO_ATERRO.pdf.
Acesso em 10/04/18.

MEDEIROS, J. H. D, **Gestão dos Resíduos Sólidos para Municípios de Pequeno e Médio Porte à Luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos, 2012.** Universidade Federal Rural do Semi-Árido, ANGICOS, RN, 2012.

MMM, ministério do meio ambiente. **Política nacional de resíduos sólidos,** <<http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>> , acesso em: 3 abril 2018

NASCIMENTO, J.C.F, **Comportamento Mecânico de Resíduos Sólidos Urbanos.,** São Carlos:USP.2007 disponível em :< <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-10082007-132150/pt-br.php>>, Consultado: 01/04/2018

OBLADEN, N.L.; OBLADEN, N.T.R.; BARROS, K.R. **Guia para Elaboração de Projetos de Aterros Sanitarios para Residuos Solidos Urbanos.** Vol. 2, p.35-36, CREA-PR, Parana – PR, 2009

PICANÇO, A., **DISPOSIÇÃO FINAL AMBIENTALMENTE ADEQUADA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.** – IV seminário internacional de engenharia de saúde publica. UFT, PALMAS, TO – 2013.

PNRS. **Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Disponível em: Acesso em: 01 de abril de 2018.

RAFAEL, M. F. A.; Ribeiro, L. A. A.; Murgo, A. R., - **A IMPORTÂNCIA DE UM ATERRO SANITÁRIO NA CIDADE DE JAÚ.** Faculdade integradas de Jaú – FIJ, São Paulo, 2010.

RODRIGUES, Amanda Souza. **“Análise das repercussões sociais do processo de desativação do Aterro Controlado de Jardim Gramacho em Duque de Caxias”.** Rio de Janeiro – RJ, 2014.

SANTOS, Layara de Paula Sousa. **Software para Pré-Dimensionamento de Aterro Sanitário pelo Método Das Trincheiras Destinado a Municípios de Pequeno Porte. Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)**, v. 20, n. 1, p. 405-416, 2016.

SERAFIM, Aline Camillo et al. **Chorume, impactos ambientais e possibilidades de tratamento. III Fórum de Estudos Contábeis**. Rio Claro: Centro Superior de Educação Tecnológica, p. 6-7, 2003.

SILVA, D. L., **Aterros Sanitários Para Resíduos Sólidos Urbanos No Rio Grande Do Sul**, Universidade Regional do noroeste do estado do rio grande do sul, IJUÍ, RS, 2010.

SILVA, KARINE T., **Projeto De Um Aterro Sanitário De Pequeno Porte, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**. Rio de Janeiro, RJ, 2016.

SITE MMM.GOV.BR. **COLETA SELETIVA**. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/catadores-de-materiais-reciclaveis/reciclagem-e-reaproveitamento>> Acesso em: 16/04/2018.

SITE WEBPIAUI.COM. **Prefeitura instala manta impermeabilizante em aterro**. 22/10/2014. Disponível em < <http://www.webpiaui.com.br/localizacao/manchete-secundaria/prefeitura-instala-manta-impermeabilizante-em-aterro/#.WsrozIjwbIV>> Acesso em: 09/04/2018.

SOUTO, G. A. D. B., **Lixiviado de Aterros Sanitários Brasileiro - Estudo de Remoção do Nitrogênio amoniacal por Processo de Arraste com Ar (stripping)**, ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS, SÃO PAULO, SP, 2009.

ZANTA, Viviana Maria; FERREIRA, Cynthia Fantoni Alves. **Gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos**. AB de Castilho Júnior (Coordenador), Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte. São Carlos, SP: Rima Artes e Textos, 2003.

CopySpider Scholar

TCC 2 ATERRO SANITARIO - BRENO 2.docx (23/10/2018):

Documentos candidatos

social.stoa.usp.br/a... [2,33%]
 mma.gov.br/estrutura... [2,31%]
 periodicos.ufsm.br/r... [1,97%]
 ppec.ufba.br/site/sy... [1,65%]
 periodicos.unc.br/in... [1,09%]
 dnit.gov.br/rodovias... [0,75%]
 passeldireto.com/arq... [0,44%]
 bioline.org.br/pdf?... [0,08%]
 www4.planalto.gov.br... [0,08%]
 finep.gov.br/images/... [0%]

Arquivo de entrada: TCC 2 ATERRO SANITARIO - BRENO 2.docx (8087 termos)

Arquivo encontrado	Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)
social.stoa.usp.br/a...	Visualizar 5407	308	2,33
mma.gov.br/estrutura...	Visualizar 8061	366	2,31
periodicos.ufsm.br/r...	Visualizar 3248	220	1,97
ppec.ufba.br/site/sy...	Visualizar 28358	594	1,65
periodicos.unc.br/in...	Visualizar 3328	124	1,09
dnit.gov.br/rodovias...	Visualizar 25561	251	0,75
passeldireto.com/arq...	Visualizar 968	40	0,44
bioline.org.br/pdf?... [0,08%]	Visualizar 2984	9	0,08
www4.planalto.gov.br... [0,08%]	Visualizar 350	7	0,08
finep.gov.br/images/... [0%]	Visualizar 32	0	0