



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

SARAH CORTEZ BRITO

**PROPOSTA DE ATERRO SANITÁRIO PARA O MUNICÍPIO DE SANDOLÂNDIA-
TO**

GURUPI

2021

SARAH CORTEZ BRITO

**PROPOSTA DE ATERRO SANITÁRIO PARA O MUNICÍPIO DE SANDOLÂNDIA-
TO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel no Curso Superior de Engenharia Civil do Instituto Federal do Tocantins, Campus Gurupi.

Orientador (a): Prof. Ma. Kárita Christina Soares Kanaïama Alves

Coorientador (a): Prof. Ma. Camila Ribeiro Rodrigues

GURUPI

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

B862p Brito, Sarah Cortez
Proposta de aterro sanitário para o município de Sandolândia - TO /
Sarah Cortez Brito. – Gurupi, TO, 2021.
57 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus
Gurupi, Gurupi, TO, 2021.

Orientadora: Ma. Kárita Christina Soares Kanaïama Alves
Coorientadora: Ma. Camila Ribeiro Rodrigues

1. Aterros sanitários. 2. Resíduos Sólidos Urbanos. 3. NBR 15.849/2010.
I. Alves, Kárita Christina Soares Kanaïama. II. Rodrigues, Camila Ribeiro.
III. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

SARAH CORTEZ BRITO

**PROPOSTA DE ATERRO SANITÁRIO PARA O MUNICÍPIO DE SANDOLÂNDIA -
TO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do curso de Bacharelado em
Engenharia Civil Instituto Federal do Tocantins -
Campus Gurupi, como exigência à obtenção do grau
de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 08 / 12 / 2021

BANCA AVALIADORA

Kárita Alves

Prof. Ma. Kárita Christina Soares Kanaïama Alves
IFTO – Campus Gurupi

Camila Ribeiro Rodrigues

Prof. Ma. Camila Ribeiro Rodrigues
UnirG – Universidade de Gurupi

Danielma S. Maia

Prof. Ma. Danielma Silva Maia
IFTO – Campus Gurupi

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me capacitado e me sustentado para chegar até aqui.

Agradeço aos meus pais, Vânia Cortez e Denilson Moreira, por sempre acreditarem no meu potencial e não medirem esforços para que eu estivesse aqui hoje, e ao meu irmão, Fellipe Cortez, por ser meu companheiro e ouvinte ao longo desses cinco anos.

Agradeço ao meu noivo, Pedro Bittencourt, por acreditar e me incentivar a dar o meu melhor, por me acalmar nos momentos de desespero e ser tão paciente comigo.

Agradeço aos meus amigos, Caio Vinícius, Gustavo Henrique, Mateus Reis, Moni Kelly e Tassila Silva, porque nesses cinco anos vocês sempre estiveram do meu lado nos momentos bons e nos ruins. Vocês foram responsáveis pelos melhores momentos que vivi durante nosso curso.

Agradeço aos professores do curso de Engenharia Civil do IFTO - Campus Gurupi, especialmente às minhas orientadoras, Kárita Alves e Camila Ribeiro, por toda ajuda e suporte no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço à Secretaria de Meio Ambiente do município de Sandolândia-TO, pela disponibilidade em ajudar com as informações necessárias para desenvolvimento deste trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Lixão	17
Figura 2 - Aterro Controlado	18
Figura 3 - Aterro Sanitário.....	19
Figura 4 - Método Rampa.....	20
Figura 5 - Método Área	21
Figura 6 - Método Trincheira	21
Figura 7 - Colchão drenante	24
Figura 8 - Sistema drenagem espinha de peixe	25
Figura 9 - Esquema de recirculação de percolado	26
Figura 10 – Localização do Município de Sandolândia-TO.....	37
Figura 11 - Lixão de Sandolândia-TO	38
Figura 12 - Incineração do lixo	39
Figura 13 - Lixo à margem da TO-181.....	39
Figura 14 – Deposição de RCC e galhadas	40
Figura 15 - Setorização do lixão.....	40
Figura 16 - Área de implantação do aterro sanitário	41
Figura 17 - Impermeabilização complementar camada de solo argiloso	44
Figura 18 - Resultados obtidos pelo <i>Software</i> Pluvio 2.1	45
Figura 19 - Corte transversal de canaletas do sistema de drenagem superficial ..	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição gravimétrica média (até 50 mil habitantes).....	15
Tabela 2 - Composição gravimétrica (mais de 50 mil habitantes)	15
Tabela 3 - Peso específico de RSU em diferentes condições	16
Tabela 4 - Enquadramento de aterros sanitários em pequeno, médio e grande porte de acordo com a população em habitantes	19
Tabela 5 - Critérios mínimos de seleção da área de implantação de aterro sanitário	28
Tabela 6 - Critérios para dispensa de impermeabilização complementar	31
Tabela 7 - Coeficiente de escoamento superficial	32
Tabela 8 - Valores de K	34
Tabela 9 - Valores de K (Permeabilidade).....	34
Tabela 10 - Instruções para drenagem dos gases	35
Tabela 11 - Crescimento populacional e volume de RSU gerado	42
Tabela 12 - Aplicação da Equação 15	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Problemática	12
1.2 Justificativa	12
1.3 Objetivos.....	13
1.3.1 Objetivo geral	13
1.3.2 Objetivos específicos	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Resíduos Sólidos Urbanos	14
2.1.1 Definição.....	14
2.1.2 Classificação	14
2.1.2 Características.....	15
2.2 Destinação Final dos Resíduos Sólidos	16
2.2.1 Lixões	17
2.2.2 Aterro Controlado	17
2.2.3 Aterro Sanitário	18
2.3 Aterros Sanitários De Pequeno, Médio e Grande Porte	19
2.4 Métodos de Operação de Aterros Sanitários	20
2.5 Projeto de Aterro Sanitário	22
2.5.1 Localização do aterro:.....	22
2.5.2 Drenagem de águas pluviais	22
2.5.3 Impermeabilização complementar.....	23
2.5.4 Drenagem e tratamento de gases	23
2.5.4 Drenagem, armazenamento e tratamento de lixiviados.....	24

2.5.5 Acessos e Isolamento do Aterro Sanitário.....	27
2.5.6 Sistema de cobertura.....	27
3 METODOLOGIA.....	28
3.1 Local para Implantação do Aterro Sanitário.....	28
3.2 Método de Execução e Vida Útil do Aterro Sanitário.....	28
3.3 Dimensionamento das Valas	29
3.3.1 Crescimento populacional	29
3.3.2 Produção de RSU per capita	29
3.3.3 Volume de ocupação de RSU	30
3.3.4 Dimensionamento das valas	31
3.4 Impermeabilização complementar.....	31
3.5 Drenagem superficial pluvial.....	32
3.6. Drenagem e tratamento de lixiviados	33
3.7 Drenagem e tratamento de gases	35
3.10 Projeto gráfico	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
4.1 Caracterização do Município.....	37
4.1.1 Localização e dados gerais	37
4.1.2 Atual área de deposição de resíduos sólidos.....	38
4.2 Localização do aterro sanitário.....	41
4.3 Dimensionamento de valas	41
4.4 Impermeabilização.....	44
4.5 Drenagem superficial.....	44
4.6 Drenagem e tratamento de lixiviados	46
4.6.1 Dimensão dos drenos:.....	46
4.6.2 Dimensionamento do sistema de tratamento	47

4.7 Drenagem e tratamento de gases	47
4.8 Acessos e isolamento do aterro.....	47
4.9 Operação do aterro sanitário	48
4.9.1 Coleta e recepção dos RSU.....	48
4.9.2 Disposição dos RSU	48
4.9.4 Camadas de Cobertura.....	49
4.10 Projeto Gráfico.....	49
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	50
REFERÊNCIAS	51
APÊNDICE I	54
APÊNDICE II.....	57

RESUMO

A Lei Federal 12.305/2010 mudou a forma de abordagem dos resíduos sólidos urbanos (RSU). Esta lei criminalizou a deposição final de resíduos sólidos no Brasil em lixões a partir do ano de 2010. Passados dez anos da publicação desta Lei, ainda há municípios brasileiros que depositam os RSU de forma incorreta, acarretando em problemas ambientais e sociais. Por isso, visando melhorias ao município de Sandolândia-TO e, buscando propor uma solução técnica e economicamente viável, neste trabalho foi proposto um projeto de aterro sanitário de pequeno porte que atenda ao município por um período de 15 anos. Com base na NBR 15.849/2010 - Resíduos Sólidos Urbanos – Aterros Sanitários de Pequeno Porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento, foi elaborado o projeto de aterro sanitário do tipo vala, com sistemas de drenagem superficial, drenagem e tratamento de lixiviados e gases, impermeabilização, coberturas diárias e final e isolamento do aterro sanitário, bem como a operação do aterro.

Palavras chave: Aterro sanitário. Resíduos sólidos. NBR 15.489/2010.

ABSTRACT

Federal Law 12.305/2010 changes the approach to urban waste (USW). This law criminalized the final disposal of solid waste in Brazil in landfills as of 2010. Ten years after the publication of this Law, there are still Brazilian municipalities that deposit USW incorrectly, resulting in environmental and social problems. Therefore, aiming to improve the municipality of Sandolândia-TO and seeking to propose a technically and economically viable solution, this paper proposed a Project for a small sanitary landfill that serves the municipality for a period of 15 years. Based on NBR 15.849/2010 – Urban Solid Waste – Small Sanitary Landfill – Guidelines for location, design, implementation, operation and closure, the Project was prepared for a trench-type, with systems for surface drainage, drainage and treatment systems leachate and gases, waterproofing, daily and final coverage and landfill isolation, as well as the landfill operation.

Keywords: Landfill. Solid waste. NBR 15.849/2010.

1 INTRODUÇÃO

A preocupação ambiental tem tomado maiores proporções nos últimos anos. Entre os tópicos discutidos está a deposição final de resíduos sólidos urbanos (RSU). Quando depositados de forma irregular, esses resíduos sólidos acarretam em problemas ambientais como, por exemplo, a contaminação do solo, do lençol freático e de corpos d'água, poluição visual e problemas de saúde na população.

A maneira mais eficaz de deposição dos RSU sem que haja contaminações e problemas ambientais é em aterros sanitários. Para Boscov (2008) os aterros sanitários são um local devidamente preparado para deposição de resíduos sólidos, englobando, sempre que necessário, determinados componentes e práticas operacionais, tais como: divisão em células, compactação dos resíduos, cobertura, sistema de impermeabilização, drenagem e tratamento de gases e lixiviados.

Esse sistema de deposição compreende, portanto, um método de controle final dos resíduos produzidos sem que haja poluição visual e contaminação do solo e da água, protegendo a população e o meio ambiente.

Com base no ideal de proteção ambiental e social, foi publicada a Lei Federal nº 12.305/2010 que instituiu a Política Nacional dos Resíduos Sólidos. Essa lei propôs diretrizes que visavam a redução, reutilização, reciclagem e deposição dos resíduos em local adequado, criminalizando a deposição final de resíduos sólidos em lixões. De acordo com esta Lei, em um prazo de quatro anos os lixões seriam extintos e os aterros sanitários seriam o método utilizado em todo o Brasil para disposição final dos RSU.

Contudo, Monteiro *et al.* (2001) comentam que nos moldes vigentes no início dos anos 2000, muitas vezes, a elaboração de Estudo de Impacto Ambiental e o Relatório de Impacto Ambiental e o licenciamento ambiental encontram-se além das possibilidades econômicas do Tesouro Municipal desses municípios.

Nesse contexto, foi elaborada a Resolução CONAMA nº 404 (2008), que simplificou as exigências para licenciamento ambiental de aterros sanitários de pequeno porte. A partir dessa simplificação, em 2010, foi publicada a primeira edição da NBR 15.849 Resíduos Sólidos- Aterros Sanitários de Pequeno Porte – Localização, projeto, implantação e operação e encerramento (ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2010), por entender que

um aterro sanitário que atende a municípios com pequena população poderia ser simplificado tanto na execução, como na operação, diminuindo seu custo de implantação e manutenção.

1.1 Problemática

Apesar de a Lei 12.305/2010 determinar a extinção dos lixões há mais de 10 anos, ao longo desses anos essa determinação vem sendo adiada. Muitos municípios brasileiros já adotaram o método eficaz de disposição dos resíduos sólidos, porém, municípios de pequena população têm persistido na deposição ilegal de seus resíduos sólidos, que pode colocar em risco o meio ambiente e a saúde pública.

No estado do Tocantins, 79% dos municípios destinam seus resíduos para lixões ou aterros controlados e 21% para aterros sanitários, destaca-se que 53% dos municípios têm população de até 10.000 (dez mil) habitantes (SANTOS, 2017). Para Santos (2017) os municípios com pequena população apesar de necessitarem de uma política de resíduos para alcançar melhora na qualidade de vida, não conseguem arcar com os custos da gestão e manejo adequado dos resíduos. Portanto, é importante apresentar, para esses municípios, soluções técnica e economicamente viáveis para destino correto dos seus resíduos, atendendo às leis e normativas vigentes.

1.2 Justificativa

Nesse cenário, o município de Sandolândia-TO, localizado no sul do Tocantins com área de 3.528,62 km² e população estimada de 3.376 pessoas para o ano de 2020 (IBGE), atualmente deposita seus resíduos em um lixão à margem da TO 181. Nesse local, parte do lixo é lançado em uma vala e incinerado a céu aberto e, outra parte, devido à falta de controle no depósito dos resíduos, acaba ficando dispersa na área.

Tendo em vista esse contexto, este trabalho procura analisar se é possível resolver o problema ambiental e social do descarte inadequado de resíduos sólidos urbanos em municípios com pequena população, propondo uma solução técnica e economicamente viável e atender à legislação vigente. Dessa forma, este trabalho em busca de atender à Lei 12.305/2010 e, baseado nas dificuldades dos municípios do interior do Tocantins em implantar e operar aterros sanitários, objetiva apresentar um projeto de aterro sanitário de pequeno porte para o município de Sandolândia-TO, como meio para oferecer melhorias à população e ao meio ambiente.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Apresentar uma proposta de aterro sanitário de pequeno porte para o município de Sandolândia-TO.

1.3.2 Objetivos específicos

- Apresentar um projeto de aterro sanitário de pequeno porte com as estruturas necessárias para disposição dos RSU;
- Propor sistemas de impermeabilização, de drenagem pluvial, de gases e de lixiviados;
- Apresentar a área total necessária para operação do aterro com vida útil de 15 anos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Resíduos Sólidos Urbanos

2.1.1 Definição

O desenvolvimento urbano, crescimento populacional e mudanças de hábitos têm refletido na produção de lixo na sociedade atual. O termo Resíduos Sólidos Urbanos faz referência ao “lixo ou o subproduto, em nossos dias, composto pelos resíduos domiciliares, de atividades industriais ou comerciais e de serviços públicos” (LOPES, 2016).

A NBR 10.004 (ABNT, 2004) define resíduos sólidos como:

“Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.”

2.1.2 Classificação

A classificação desses resíduos, de acordo com a NBR 10.004/2004, é feita em:

- Resíduos de grau I: perigosos, ou seja, que apresentam perigo à sociedade, como: inflamáveis, corrosivos, radioativos, tóxicos e patogênicos;
- Resíduos de grau II: não perigosos, ou seja, não apresentam periculosidade, os mesmos são separados em dois grupos: os de classe IIA, não são inertes como lixo orgânico e papel; e os de classe IIB são inertes e podem apresentar propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água humanas, englobando resíduos de várias origens, como residencial, comercial, de estabelecimentos de saúde, da limpeza pública.

2.1.2 Características

a) Composição gravimétrica

Para Monteiro *et al.* (2001) a composição gravimétrica representa o percentual de cada componente da amostra em relação ao seu peso total. O Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Tocantins (PERS-TO), apresenta a composição gravimétrica dos resíduos sólidos em municípios com população menor que 50 mil habitantes e maior que 50 mil habitantes, como apresentado nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 – Composição gravimétrica média (até 50 mil habitantes)

Tipologia dos resíduos	Resíduos secos	Resíduos úmidos	Rejeitos
%em relação ao total	37,32%	38,34%	24,47%

Fonte: PERS-TO (2017) apud ECOTÉCNICA (2015)

Tabela 2 - Composição gravimétrica (mais de 50 mil habitantes)

Componentes dos RSU	% em relação ao total
Matéria orgânica	38,24%
Rejeitos sanitários	6,13%
Plástico	26,18%
Papel / Papelão	8,59%
Vidro	7,77%
Metal	3,68%
Tetra Pak	2,25%
Outros	7,16%

Fonte: PERS-TO (2017) apud PMSB-Palmas (2014)

b) Peso específico

O peso específico traduz o peso do lixo solto em relação ao seu volume sem compactação, medido em kg/m (MONTEIRO *et al.*, 2001). A Tabela 3 apresenta valores de RSU no Brasil em condições específicas.

Tabela 3 - Peso específico de RSU em diferentes condições

Autor	Peso específico (kg/m ³)	Local/Condições
Kaimoto & Cepolina, 1997	5,0 a 7,0	Resíduos novos, não decompostos e pouco compactados
	9,0 a 13,0	Resíduos após compactação com tratores de esteira ou rolo compactador e após a ocorrência de recalques
Santos & Presa, 1995	7,0	Resíduos recém lançados
	10,0	Resíduos após ocorrência de recalques
Mahler & Iturri, 1998	10,5	Seção do aterro sanitário de Sítio São João com 84m de desnível e 10 meses de alteamento
Benvenuto & Cunha, 1991	10,0	Condição drenada
	13,0	Condição saturada

Fonte: Silva (2017) *apud* Lamare Neto (2004)

2.2 Destinação Final dos Resíduos Sólidos

Existem três métodos de deposição dos resíduos sólidos: lixões, aterros controlados e aterros sanitários (BOSCOV, 2008). De acordo com o Diagnóstico de Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos (SNIS, 2020) no Brasil, entre os municípios que participaram da pesquisa, a destinação final de resíduos domiciliares divide-se em lixões (27%), aterros controlados (17%) e aterros sanitários (52%).

2.2.1 Lixões

No Brasil, por muitos anos, a deposição final dos RSU foi feita em lixões (Figura 1). Nesse método os resíduos sólidos urbanos são descarregados à céu aberto diretamente no solo, sem nenhum tipo de cuidado com o meio ambiente (MONTEIRO *et al.*, 2001).

Figura 1- Lixão



Fonte: G1 (2012)

2.2.2 Aterro Controlado

Para Filho, Alves e Chuman (2017) aterro controlado (Figura 2) visa a disposição final de resíduos sólidos, sendo que durante o desenvolvimento do aterro, os resíduos são recobertos com argila, aumentando a segurança do local, diminuindo os impactos ao meio ambiente e à saúde pública. Contudo, o aterro controlado não previne a poluição pois não recebe camada impermeabilizante ideal antes da deposição de lixo, causando poluição do solo e do lençol freático (MEDEIROS, 2012).

Freire (2009) considera que o termo “aterro controlado” é utilizado erroneamente, pois as medidas adotadas nesse sistema são ineficientes para minimização dos impactos ambientais quanto à contaminação de aquíferos, sendo, portanto mais adequado o uso do termo “lixão controlado”.

Figura 2 - Aterro Controlado



Fonte: Prefeitura de Goiânia (2020)

2.2.3 Aterro Sanitário

Os aterros sanitários (Figura 3) são o método mais eficaz para destinação final de RSU. Lopes (2016) definiu aterro sanitário como um sistema para deposição de resíduos sólidos no solo, particularmente o lixo domiciliar, baseado em critérios de engenharia e normas operacionais que permitem a confinação com segurança, controle de poluição e proteção ao meio ambiente.

Figura 3 - Aterro Sanitário



Fonte: Ferreira (2018)

A NBR 8.419 (ABNT,1992) define o aterro sanitário como:

“Uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se for necessário. ”

2.3 Aterros Sanitários De Pequeno, Médio e Grande Porte

A divisão dos aterros sanitários em pequeno, médio e grande porte é feita considerando a população do município, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 4- Enquadramento de aterros sanitários em pequeno, médio e grande porte de acordo com a população em habitantes

	Porte do Aterro Sanitário		
	Pequeno	Médio	Grande
População do município (habitantes)	Pop. $\leq$ 20.000	20.000 < Pop. < 100.000	Pop. $\geq$ 100.000

Fonte: Autor (Adaptado Anexo I COEMA 07/2005)

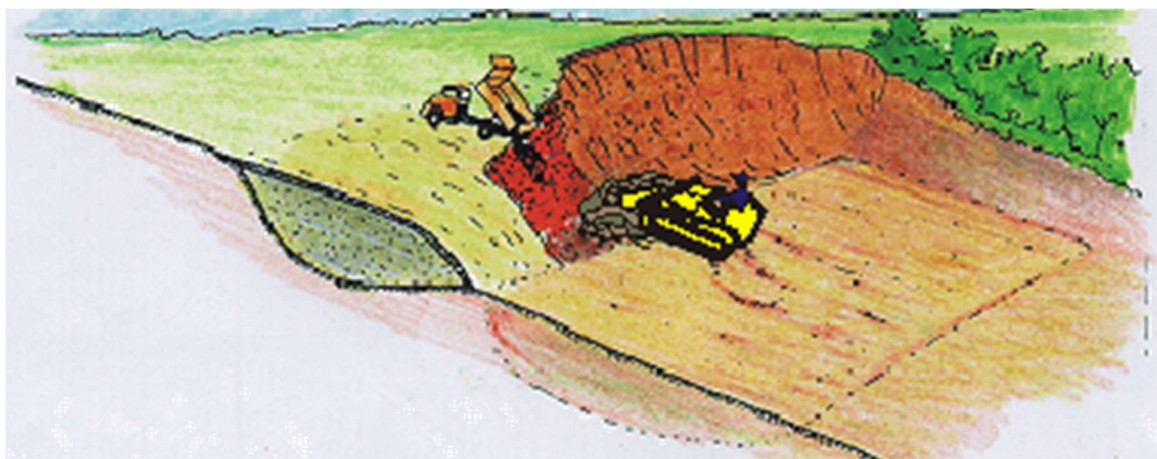
Os aterros de pequeno porte, de acordo com a NBR 15.849 (ABNT, 2010) recebem até 20t de RSU por dia. Para a implantação de aterros sanitários de pequeno porte, de acordo com a Resolução CONAMA nº 404 (2008), a elaboração do EIA (Estudo de Impacto Ambiental) e seu respectivo RIMA (Relatório de Impacto Ambiental) não é exigida. Entretanto, caso o órgão ambiental competente julgue o aterro em questão potencialmente causador de significativa degradação ambiental, será exigido o EIA/RIMA (MEDEIROS, 2012).

2.4 Métodos de Operação de Aterros Sanitários

Na literatura são apresentados três métodos construtivos de aterros sanitários mais comuns, sendo eles rampa, trincheira e área, de forma que a escolha do tipo a ser utilizado em cada aterro sanitário está diretamente ligada à topografia, pedologia e hidrologia do local.

Monteiro *et al.* (2001), indicam o método rampa (Figura 4) principalmente para locais em que a área a ser aterrada é plana, seca e com solo adequado para servir de cobertura. A NBR 15.894 (ABNT, 2010) define esse como um método característico para áreas com taludes pré-existentes, em que os resíduos são depositados de encontro ao talude.

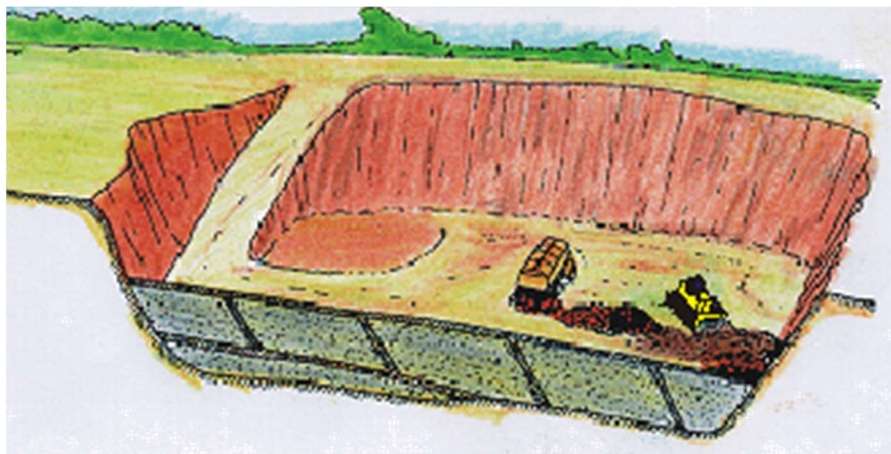
Figura 4 - Método Rampa



Fonte: Filho, Barros e Chuman (2017)

Para esses autores, o método área (Figura 5) é adequado para zonas baixas em que o solo local não pode ser utilizado como material de cobertura. Nesses casos, há necessidade de retirar material em jazidas, sendo importante que estas estejam localizadas o mais próximo possível do aterro (MONTEIRO *et al.*, 2001).

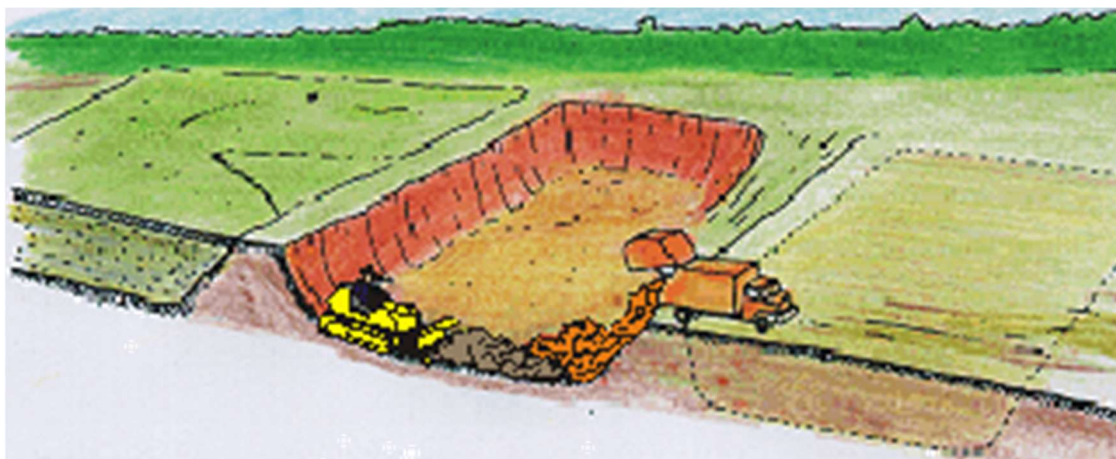
Figura 5 - Método Área



Fonte: Filho, Barros e Chuman. (2017)

O método trincheira (Figura 6) é caracterizado pela NBR 15.849 (ABNT, 2010) como um local para disposição final dos resíduos sólidos, em escavação sem limitação de profundidades e largura, caracterizada por confinamento em três lados e operação mecanizada. Esta Norma apresenta ainda o método construtivo em valas, que se diferencia do método trincheira devido à limitação de profundidade e largura variável, confinado em todos os lados e por possibilitar operação não mecanizada (ABNT, 2010).

Figura 6 - Método Trincheira



Fonte: Filho, Barros e Chuman (2017)

Quanto aos critérios de operação e projeto de aterros sanitários de pequeno porte, de acordo com NBR 15.849 (ABNT, 2010) deve-se dar preferência à técnica de operação em valas, salvo em casos em que as condições de relevo e profundidade do freático a impossibilitarem.

2.5 Projeto de Aterro Sanitário

A elaboração do projeto de aterro sanitário implica o conhecimento de dados relativos ao local de implantação do aterro como sua topografia e clima, características geológicas e hidrológicas, e dados dos resíduos a serem depositados (tipo, volume, composição) (BOSCOV, 2005).

Esses dados permitem definir o método de operação do aterro e relacionam-se com critérios de proteção ambiental previstos na NBR 15.849 (ABNT, 2010) para definir a necessidade de sistemas de proteção ambiental conforme especificado:

2.5.1 Localização do aterro:

De acordo com a NBR 15.849 (ABNT, 2010), o local de implantação de um aterro sanitário deve minimizar impactos ambientais e custos de implantação, operação e encerramento, estar de acordo com a legislação vigente e ser aceito pela população, sendo estabelecido alguns critérios, conforme apresentado abaixo:

- i) utilização de solos pouco permeáveis;
- ii) distância mínima de 200m de qualquer corpo d'água;
- iii) proximidade do lençol freático em relação à base do aterro sanitário;
- iv) áreas com ocorrência de inundações não devem ser utilizadas;
- v) declividade do solo entre 1% e 30%;
- vi) distância mínima de 500m em relação a núcleos populacionais.

2.5.2 Drenagem de águas pluviais

O sistema de drenagem de águas pluviais tem como principal objetivo diminuir a entrada de águas da chuva no interior do aterro sanitário e, dessa forma, reduzir a geração de líquidos lixiviados (ReCESA, 2008). Os elementos utilizados na drenagem superficial podem ser canaletas de concreto, escadas hidráulicas, tubulações e canais (BOSCOV, 2005).

Segundo NBR 15.849 (ABNT, 2010) o manejo de águas pluviais deve ser feito mediante implantação de sistemas que atendam à macrodrenagem do local, e sejam capazes de suportar chuvas com período de recorrência compatíveis à vida útil do aterro.

2.5.3 Impermeabilização complementar

A necessidade ou dispensa de impermeabilização complementar está relacionada à relação entre o excedente hídrico, a profundidade do lençol freático e a fração orgânica presente nos resíduos a serem dispostos. Caso haja necessidade desse sistema, a norma recomenda utilização de uma camada de solo compactado com controle tecnológico de solo local ou importado, ou com geossintético impermeabilizante (NBR 15.849/ABNT, 2010).

Segundo Maccaferi (2010) em “Critérios gerais para projeto, especificação e aplicação de geossintéticos”, as geomembranas PEAD (Polietileno de alta densidade) são muito utilizadas em obras de proteção ambiental em função das suas características mecânicas, como baixíssima permeabilidade e alta resistência às intempéries, e sua baixa espessura, proporcionando melhor aproveitamento dos volumes disponíveis.

2.5.4 Drenagem e tratamento de gases

Para a drenagem de gases provenientes da decomposição dos RSU a cartilha ReCESA (2008) recomenda a utilização de drenos verticais interligados aos drenos horizontais de lixiviados. Para os autores, normalmente adota-se um dimensionamento empírico, sendo utilizados drenos com diâmetro variando entre 50 cm a 100 cm, preenchidos com brita.

A distribuição desses drenos verticais é feita considerando um raio de influência que varia de 15 a 30 metros, sendo que quanto maior a profundidade da vala, menor deve ser o esse raio (ReCESA, 2008).

2.5.4 Drenagem, armazenamento e tratamento de lixiviados

O sistema de drenagem de líquidos lixiviados tem como objetivo conduzir os líquidos para o sistema de tratamento, evitando seu acúmulo na massa de resíduos. Quanto aos tipos de sistema de drenagem de lixiviados, a cartilha de ReCESA (2008) destaca os métodos colchão drenante e espinha de peixe.

O colchão drenante (Figura 7), é uma camada com capacidade de receptionar e transportar todo o fluxo, oriundo da decomposição dos resíduos sólidos, até o sistema de tratamento (MARCHEZINI *et al.*, 2019).

Figura 7 - Colchão drenante



Fonte: CRT Vila Velha (2021)

Para Monteiro *et al.* (2001) o método espinha de peixe recebe esse nome devido à forma como os drenos são projetados (Figura 8), com drenos secundários que conduzem o chorume para um dreno principal que, por sua vez, destina todo o fluido a um sistema de armazenamento ou tratamento. O material de preenchimento do dreno deve ser, preferencialmente brita 3, 4 ou 5 (ReCESA, 2008).

Figura 8 - Sistema drenagem espinha de peixe



Fonte: Gazeta Itapireense (2020)

Quanto ao tratamento de lixiviados, ReCESA (2008) apresenta alguns dos métodos mais utilizado no Brasil, sendo eles: Lodo ativado, lagoas de estabilização, Lagoas aeradas, digestão anaeróbia, floculação, filtração, coagulação e filtração, carvão ativado, aplicação no solo, tratamento combinado com águas residuárias (ETE) e recirculação. As vantagens e desvantagens de cada tipo de tratamento está apresentado no Quadro 1:

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens sistemas de tratamento de lixiviados

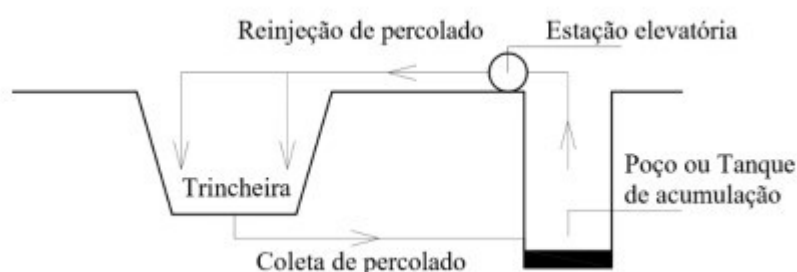
Tratamento		Combinado com ETE	Recirculação	Lagoa de estabilização	Aeróbio	Anaeróbio
Temp. média	E	A	+	+	+	A
	M	A	A	+	+	A
	B	A	A	-	-	A
Precipitação	E	A	-	-	A	A
	M	A	-	-	A	A
	B	A	+	+	A	A
Vazão de lixiviado	E	-	A	A	-	-
	M	-	A	A	A	A
	B	+	+	+	A	A

Concentração de lixiviado	E	-	+	A	+	-
	M	A	A	+	+	-
	B	+	A	+	A	+
Idade do aterro	V	+	A	-	-	+
	J	-	+	+	+	A
Área disponível	E	A	A	+	A	A
	M	A	A	A	+	+
	B	+	A	-	+	+
OBS.: Elevado (E); Médio (M); Baixo (B); Jovem (J); Velho (V); Favorável (+); Desfavorável (-); Indiferente (A).						

Fonte: ReCESA (2008) *apud* Reichert (1999)

Filho (2017) recomenda a utilização da metodologia de recirculação (Figura 9) por esta ser ideal para redução de custos de operação de aterros sanitários de pequeno porte. Para este autor, o uso desse método se justifica pela baixa produção de percolato nesse tipo de aterro e, por não ser necessária a construção de lagoas de estabilização.

Figura 9 - Esquema de recirculação de percolato



Fonte: Filho (2017) *apud* Pessin (2002)

Nesse método, a taxa de recirculação varia de acordo o balanço hídrico da região, sendo que, em períodos secos é reinjetado 20% do volume produzido e 5% em períodos chuvosos, mantendo o grau de umidade ótima, necessário ao processo de decomposição dos rejeitos orgânicos (FILHO, 2017 *apud* PESSIN *et al.*, 2002).

2.5.5 Acessos e Isolamento do Aterro Sanitário

Devem ser definidas as vias de acesso ao aterro sanitário, as de circulação interna de forma que permitam o trânsito de veículos coletores de resíduos, bem como a posição do portão de acesso. Caso haja necessidade, deverá ser construída junto ao portão de acesso, uma edificação de apoio com todas as instalações necessárias para permanência prolongada do funcionário (NBR 15.849, 2010).

O isolamento do aterro deve ser feito por barreira física, acompanhada de cerca arbustiva ou arbórea em todo o perímetro do empreendimento com intuito de impedir entrada de animais e pessoas.

2.5.6 Sistema de cobertura

Na concepção do projeto de aterro sanitário deve ser determinado um sistema de cobertura operacional e final, que pode ser feita com o material escavado da abertura das valas, buscando evitar proliferação de vetores, minimizar a produção de lixiviados e exalação de odores e gases, isolar os resíduos e evitar erosão (NBR 15.849/ABNT, 2010).

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento do projeto de Aterro Sanitário foi feito com base nas normas NBR 15.849 (ABNT, 2010), NBR 8.419 (ABNT, 1998) e NBR 13.896 (ABNT, 1985), bibliografias, artigos científicos e trabalhos relacionados ao tema.

3.1 Local para Implantação do Aterro Sanitário

Com base na NBR 15.849/2010, o local de implantação do aterro sanitário deve atender aos critérios que visam minimizar impactos ambientais e custos de implantação, operação e encerramento. Dessa forma, a definição do local foi feita por meio da averiguação do cumprimento desses critérios, sendo utilizada a Tabela 5.

Tabela 5 - Critérios mínimos de seleção da área de implantação de aterro sanitário

CRITÉRIO	ATENDE	NÃO ATENDE
Solo pouco permeável		
Distância de 200m de corpos d'água		
Proximidade do lençol freático		
Não ocorrência de inundações		
Declividade entre 1% e 30%		
Distância de 500m de núcleos populacionais		

Fonte: NBR 15.849 (2010)

3.2 Método de Execução e Vida Útil do Aterro Sanitário

A NBR 15.849 (ABNT, 2010) recomenda que em aterros sanitários de pequeno porte seja utilizado preferencialmente a técnica de operação em valas, e por isso foi adotado esse método para este trabalho. A norma especifica, ainda, que o projeto de aterro sanitário deve ser elaborado considerando vida útil mínima de 15 anos e, por isso foi considerada vida útil de 15 anos para dimensionamento do aterro sanitário.

3.3 Dimensionamento das Valas

3.3.1 Crescimento populacional

Foram coletadas no site do IBGE a informação da população atual e a perspectiva de crescimento populacional para o município de Sandolândia-TO. A partir desses dados foi realizada a estimativa do crescimento populacional utilizando o método geométrico:

$$Pt = P0 \left(1 + \frac{i}{100} \right)^n \quad \text{Equação 01}$$

Em que:

Pt = População final no ano em análise;

P0= População inicial;

I= Taxa de crescimento geométrico;

n = número de anos no período.

3.3.2 Produção de RSU per capita

O levantamento de quantidade de resíduos produzidos diariamente ou semanalmente deve ser feito junto à Prefeitura Municipal. Caso a prefeitura do município não disponha da informação referente à produção de RSU per capita, o seu cálculo pode ser obtido pelas equações abaixo:

$$P_{diaria} = \frac{P_{semana}}{7} \quad \text{Equação 02}$$

Em que:

Pdiaria = Produção diária

P semana = Produção semanal

$$P_{perc} = \frac{P_{diaria}}{P} \quad \text{Equação 03}$$

Em que:

P_{pec} = Produção per capita

Não havendo dados referentes à quantidade de resíduos gerados semanalmente ou diariamente, foi considerado para este trabalho a média de produção per capita referente ao Estado do Tocantins que, segundo o Diagnóstico de Manejo de resíduos Sólidos Urbanos (2019), o estado produz em média 0,97kg/dia por habitante.

3.3.3 Volume de ocupação de RSU

Para calcular o volume ocupado pelos RSU no período de projeto foi calculado o volume diário a partir da Equação 04.

$$Vd = P * R * d * c \quad \text{Equação 04}$$

Em que:

P = População urbana no ano de referência (habitantes)

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

d = Densidade de resíduo (kg/m³)

c = Fator de cobertura diária

O volume anual de ocupação do aterro pôde ser calculado a partir da multiplicação do volume diário por 365:

$$Va = Vd * 365 \quad \text{Equação 05}$$

O volume total de RSU pôde ser obtido por meio do somatório dos volumes anuais de 2022 a 2042.

$$Vt = \sum Va(2022 \text{ a } 2037) \quad \text{Equação 06}$$

3.3.4 Dimensionamento das valas

As dimensões das valas foram calculadas considerando vida útil de 2 meses. As valas terão a forma trapezoidal, com profundidade limitada 3 metros e com taludes com inclinação 1:1, conforme especificação da NBR 15.849 (ABNT, 2010) para o tipo de método construtivo utilizado. Dessa forma, temos:

$$Vv = Vd * 60$$

$$Vv = Atrans * L$$

$$Vv = \frac{(B + b) * h}{2} * L \quad \text{Equação 07}$$

3.4 Impermeabilização complementar

O critério para dispensa ou adoção de impermeabilização complementar está apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 - Critérios para dispensa de impermeabilização complementar

Limite máximo do excedente hídrico (EH, mm/ano) para dispensa da impermeabilização complementar		Fração orgânica dos resíduos ≤ 30%				Fração orgânica dos resíduos > 30%			
		Profundidade do freático (m)				Profundidade do freático (m)			
		1,50 < n ≤ 3	3 < n < 6	6 ≤ n < 9	≥ 9	1,50 < n ≤ 3	3 < n < 6	6 ≤ n < 9	≥ 9
Coeficiente de permeabilidade do solo local k (cm/s)	k < 1x10 ⁻⁶	250	500	1000	1500	188	375	750	1125
	1x10 ⁻⁶ < k ≤ 1x10 ⁻⁵	200	400	800	1200	150	300	600	900
	1x10 ⁻⁵ < k ≤ 1x10 ⁻⁴	150	300	600	900	133	255	450	675

Fonte: NBR 15.849 (2010)

O dimensionamento da geomembrana foi feito pela soma das áreas laterais e de fundo de cada vala, acrescentando ancoragem de 1,5m, conforme a equação:

$$A_{total} = A_{lat} + A_{fundo} + A_{ancoragem} \quad \text{Equação 08}$$

3.5 Drenagem superficial pluvial

Conforme apresentado por Filho (2017), o dimensionamento do sistema de drenagem implica no conhecimento da vazão contribuinte que pode ser calculada pelo Método Racional, que consiste na utilização da seguinte fórmula:

$$Q = C * i * A \quad \text{Equação 09}$$

Em que:

Q = Vazão a ser drenada (m³/s);

A = Área da bacia contribuinte (m²);

C = Coeficiente de escoamento superficial (Tabela 7)

i = Intensidade da chuva crítica (mm/h)

Tabela 7 - Coeficiente de escoamento superficial

Características da área	Valor de “C”
Área pavimentada ou coberta	0,8
Área com solo exposto	0,3

Fonte: Alheiros et. al. (2003)

A intensidade de chuva crítica pode ser calculada pela equação:

$$i = \frac{(K * T^a)}{(t + b)^c} \quad \text{Equação 10}$$

Em que:

T = período de retomo (anos)

t = duração da precipitação (minutos)

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

Para estimativa dos parâmetros foi utilizado o *Software* Pluvio2.1 elaborado pelo Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos (GPRH) da Universidade Federal de Viçosa, que calcula os parâmetros K, a, b e c aplicados na equação

O dimensionamento das canaletas de águas pluviais foi feito utilizando a Equação de Chézy-Manning, a seguir descrita:

$$Q = \frac{1}{n} * S * (RH)^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}} \quad \text{Equação 11}$$

Em que:

Q = Vazão de projeto (m³/s);

n = Coeficiente de rugosidade;

S = Área da seção transversal molhada (m²)

RH = Raio hidráulico da seção (m);

I = Declividade do canal (%)

3.6. Drenagem e tratamento de lixiviados

O sistema de drenagem adotado foi o método espinha de peixe com um dreno centralizado longitudinalmente na vala. A cartilha ReCESA (2008) apresenta que para aterros de pequeno porte quanto ao dimensionamento do sistema de drenagem de lixiviados, o cálculo da vazão pode ser feito com o emprego do Método Suíço descrito abaixo:

$$Q = \frac{1}{t} * P * A * K \quad \text{Equação 12}$$

Em que:

Q = Vazão média de lixiviado (L/s)

P= Precipitação média anual (mm);

A = Área do aterro (m²);

T = segundos em um ano (s)

K = coeficiente referente ao grau de compactação dos resíduos (Tabela 8).

Tabela 8 - Valores de K

Peso específico dos resíduos do aterro	K
0,4 a 0,7 t/m ³	0,25 a 0,5
>0,7 t/m ³	0,15 a 0,25

Fonte: Adaptado de Monteiro *et al.* (2001)

Para determinar as dimensões dos drenos foi aplicada a Lei de Darcy:

$$Q = \frac{K}{i} * A \quad \text{Equação 13}$$

Em que:

Q = Vazão média de lixiviado (L/s)

K= = coeficiente de permeabilidade do meio drenante (m/s); (Tabela 9)

I= gradiente hidráulico (aproximadamente igual à declividade do terreno) (m/m);

A= Área da seção transversal do dreno (m²).

Tabela 9 - Valores de K (Permeabilidade)

Meio drenante	Permeabilidade K (m/s)
Brita nº 5	1,0
Brita nº 4	0,8
Brita nº 3	0,45
Brita nº2	0,25
Brita nº1	0,15

Brita 0	0,5
Areia grossa	0,1 a 10 ⁻³

Fonte: Adaptado de Monteiro *et al.* (2001)

Após a determinação das dimensões dos drenos, foi feito o dimensionamento do sistema de tratamento dos lixiviados. Para este trabalho, foi adotado o tratamento de lixiviado por recirculação. O volume do poço pode ser obtido pela equação abaixo:

$$V = \frac{Q}{t} \quad \text{Equação 14}$$

Em que:

V = Volume do filtro (m³);

Q = Vazão de lixiviado (m³/s);

T= tempo de detenção (s).

3.7 Drenagem e tratamento de gases

Segundo a NBR 15.849 (ABNT, 2010), o sistema de drenagem de gases deve ser adotado em casos que a fração orgânica presente nos resíduos a serem dispostos e a altura final do aterro sanitário de pequeno porte forem significativas, como apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 - Instruções para drenagem dos gases

Características da operação		Altura final do aterro (m)	
		< 3	> 3
Fração orgânica dos resíduos (%)	< 30	Dispensar	Dispensar
	> 30	Dispensar	Considerar

Fonte: NBR 15.849 (2010)

Com base na tabela, caso haja necessidade de implantar um sistema de drenagem de gases, deve ser adotado o método citado por ReCESA (2008) com drenos verticais com

diâmetro de 50cm ligados aos drenos horizontais de lixiviado e preenchidos com brita 3, 4 ou 5, com raio de influência de 20m para cada dreno.

3.10 Projeto gráfico

Conforme NBR 15.849 (ABNT, 2010), a apresentação do projeto deve ser feita com desenhos e plantas que possibilitem o seu entendimento, contendo:

- i) 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;
- ii) Configuração final do aterro;
- iii) Cortes transversais e longitudinais do aterro;
- iv) Acessos, portões, isolamento do aterro por meio de barreira física, guarita e edificações que sejam necessárias;
- v) Sistemas de proteção ambiental necessários;
- vi) Localização dos pontos de coleta de águas superficiais.

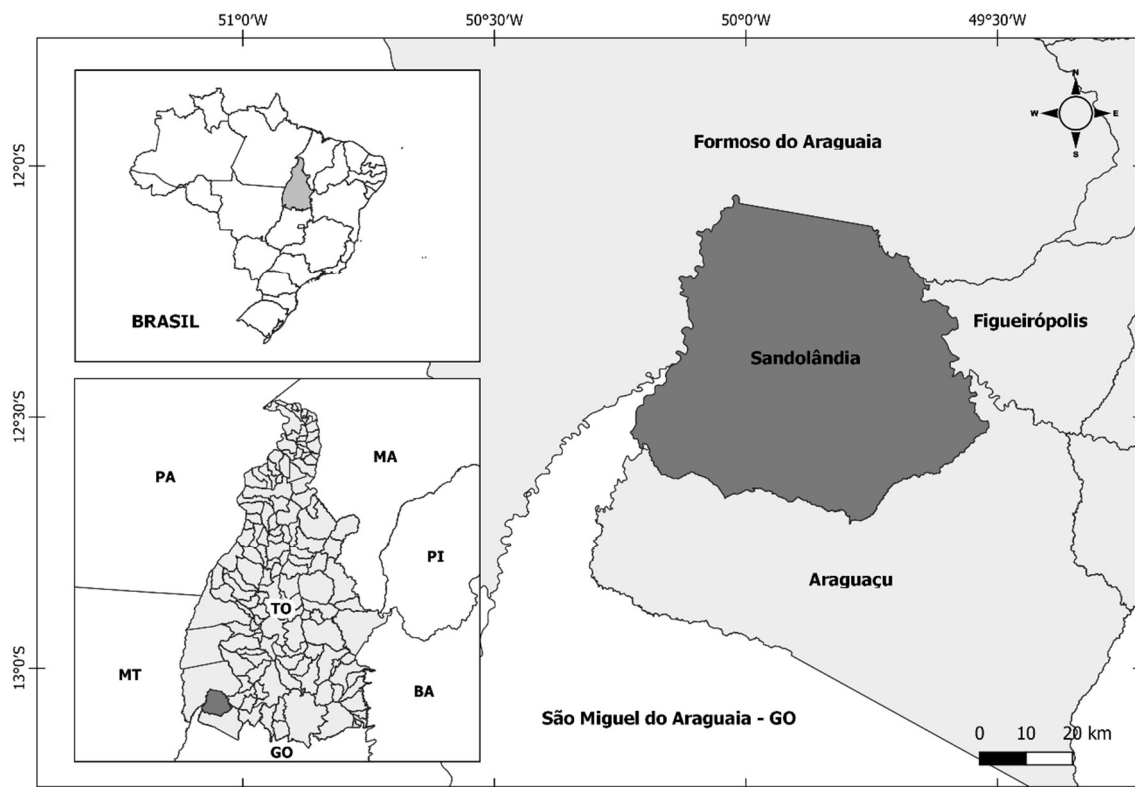
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização do Município

4.1.1 Localização e dados gerais

O município de Sandolândia situa-se ao sul do estado do Tocantins, como apresentado na Figura 10, a 453 km de distância da capital Palmas, com latitude $12^{\circ} 32' 14''$ S, longitude $49^{\circ} 55' 30''$ e altitude média de 278m (SEPLAN, 2017).

Figura 10 – Localização do Município de Sandolândia-TO



Fonte: Autor (2021)

Possui um território de 3.528,62 km² limita-se com os municípios de Araguaçu, Formoso do Araguaia, Figueirópolis e São Miguel do Araguaia (GO) (IBGE, 2021). Grande parte de seu território é utilizado por pastagens de onde vem uma principal fonte econômica: a agropecuária. Outro importante setor econômico do município é o de serviços (SEPLAN,

2017). Além disso, o município é a porta de entrada para a maior ilha fluvial do mundo, a Ilha do Bananal (PREFEITURA DE SANDOLÂNDIA, 2021).

A população residente do município de Sandolândia, em 2010 era de 3.326, com estimativa de 3.373 habitantes para o ano de 2021 (IBGE, 2021). O IDH-M do município de Sandolândia em 1991 era de 0,294, de 0,498 em 2000 e estando em 0,659 no ano de 2010, ocupando a 2.924ª posição, em 2010, em relação aos 5.565 municípios do Brasil. Em relação aos 139 outros municípios de Tocantins, ocupa a 50ª posição, sendo que 49 municípios estão em situação melhor e 90 municípios estão em situação pior ou igual.

4.1.2 Atual área de deposição de resíduos sólidos

Os resíduos gerados no município são provenientes de domicílios, estabelecimentos comerciais, de varrição de vias públicas, poda e de serviços, portanto são considerados resíduos de Classe II (não perigosos). Segundo a Secretaria Municipal de Saúde do município, os resíduos provenientes de Unidades Básicas de Saúde e farmácias são coletados por uma empresa e levados à outra cidade para correto descarte.

Atualmente, os resíduos sólidos são coletados pelo serviço de limpeza municipal e levados a um lixão localizado à margem da TO-181 a 3km do centro da cidade, como mostrado na Figura 11.

Figura 11 - Lixão de Sandolândia-TO



Fonte: Autor (2021)

Nesse lixão, parte dos resíduos sólidos são lançados em valas, posteriormente, incinerados (Figura 12), contudo, como não há controle nesse processo, parte dos resíduos que chegam ao lixão são largados soltos na área, como pode ser observado na Figura 13.

Figura 12 - Incineração do lixo



Fonte: Autor (2021)

Figura 13 - Lixo à margem da TO-181



Fonte: Autor (2021)

Os resíduos da construção civil (RCC) e de poda, são destinados a outra área do lixão (Figura 14).

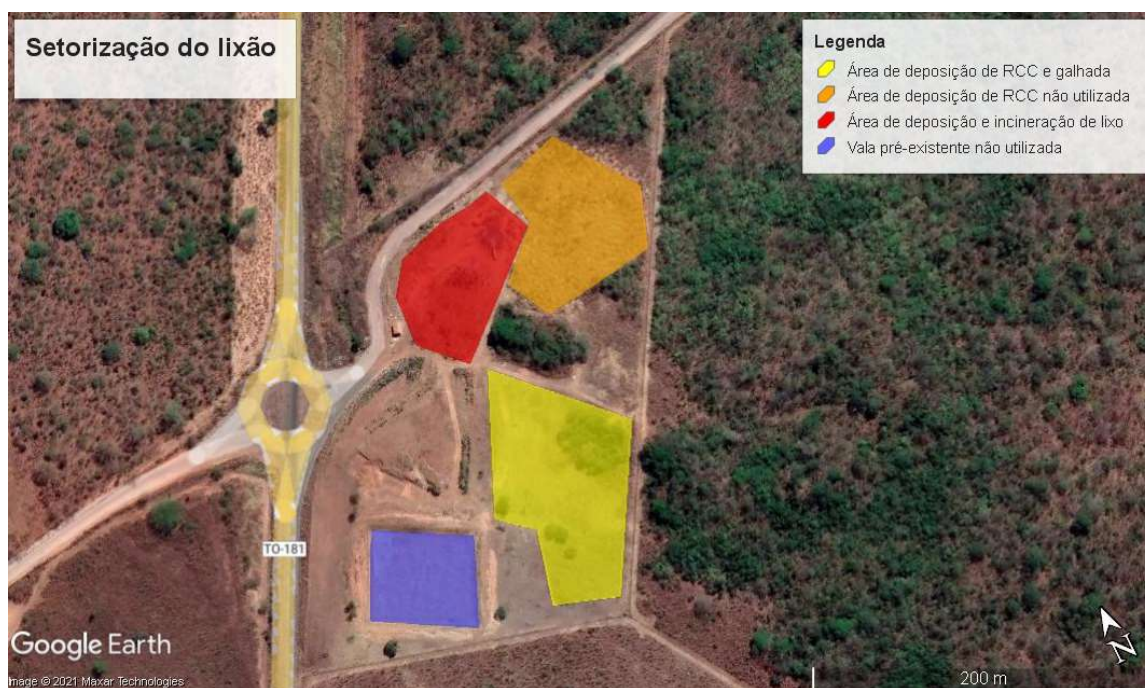
Figura 14 – Deposição de RCC e galhadas



Fonte: Autor (2021)

Com a finalidade de facilitar a visualização da área utilizada no lixão foi elaborada a Figura 15, que apresenta uma setorização do lixão.

Figura 15 - Setorização do lixão



Fonte: Google Earth (2021)

4.2 Localização do aterro sanitário

Após contato com a Prefeitura Municipal de Sandolândia foi informado que há interesse em utilizar a atual área de deposição de RSU (Figura 16) para implantação do aterro sanitário cuja área é de 55.000 m². Contudo, destaca-se que para isso há necessidade de retirar todo RSU já depositado na área e, posteriormente, destiná-lo a uma das valas do aterro sanitário o que acarretaria numa diminuição da sua vida útil.

Figura 16 - Área de implantação do aterro sanitário



Fonte: Google Earth (2021)

É importante destacar que para definição do local de implantação do aterro sanitário é preciso realizar uma sondagem do solo para obter maiores informações, mas no desenvolvimento deste trabalho não foi possível realizar essa averiguação.

4.3 Dimensionamento de valas

Para dimensionar as valas foi necessário realizar estimativa do crescimento populacional ao longo da vida útil do aterro. Posteriormente foram calculados o volume de RSU

gerado a cada ano pela população estimada para cada um, finalizando no volume total de RSU acumulado ao longo da vida útil do aterro, como apresentado na Tabela 11.

Os dados considerados para os cálculos foram:

População inicial no município: 3376 habitantes;

Taxa de crescimento populacional: 0,15% ao ano;

Geração de RSU per capita: 0,97kg/hab/dia;

Fator de cobertura diário: 20%

Densidade do resíduo compactado: 700kg/m³

Tabela 11 - Crescimento populacional e volume de RSU gerado

Ano	Pop (hab)	Massa por dia (Kg)	Resíduos Ano (Kg)	Acumulado	Volume por ano	Volume mensal	Volume(m ³)
1	3.376	3.274,72	1.195.272,80	1.195.272,80	1.707,53	140,35	1.707,53
2	3.381	3.279,63	1.197.065,71	2.392.338,51	1.710,09	140,56	3.417,63
3	3.386	3.284,55	1.198.861,31	3.591.199,82	1.712,66	140,77	5.130,29
4	3.391	3.289,48	1.200.659,60	4.791.859,42	1.715,23	140,98	6.845,51
5	3.396	3.294,41	1.202.460,59	5.994.320,01	1.717,80	141,19	8.563,31
6	3.401	3.299,35	1.204.264,28	7.198.584,29	1.720,38	141,40	10.283,69
7	3.406	3.304,30	1.206.070,68	8.404.654,96	1.722,96	141,61	12.006,65
8	3.412	3.309,26	1.207.879,78	9.612.534,74	1.725,54	141,83	13.732,19
9	3.417	3.314,22	1.209.691,60	10.822.226,35	1.728,13	142,04	15.460,32
10	3.422	3.319,19	1.211.506,14	12.033.732,49	1.730,72	142,25	17.191,05
11	3.427	3.324,17	1.213.323,40	13.247.055,89	1.733,32	142,46	18.924,37
12	3.432	3.329,16	1.215.143,38	14.462.199,27	1.735,92	142,68	20.660,28
13	3.437	3.334,15	1.216.966,10	15.679.165,37	1.738,52	142,89	22.398,81
14	3.442	3.339,15	1.218.791,55	16.897.956,92	1.741,13	143,11	24.139,94
15	3.448	3.344,16	1.220.619,74	18.118.576,65	1.743,74	143,32	25.883,68

Fonte: Autor (2021)

Dessa forma, obteve-se um valor de 25.883,68m³ de RSU gerados no período de vida útil do aterro. Contudo, esse valor representa apenas o volume de RSU a ser depositado no aterro sanitário, sendo que para dimensionar as valas é necessário considerar o volume do cobrimento diário. Para este trabalho foi considerado um fator de cobrimento diário de 20%. Aplicando essa taxa ao volume de RSU obtemos o volume de ocupação:

$$Vt = 25.883,68 * 1,2$$

$$Vt = 31.060,41 \text{ m}^3$$

Considerando um período de preenchimento das valas de 60 dias, serão necessárias aproximadamente 90 valas ao longo da vida útil do aterro, com volume unitário de aproximadamente 345m³ por vala. Sabendo que a altura limitada a 3m devido ao método construtivo em valas, foi adotada altura de 2,0 m e largura no nível do terreno de 6 metros e, para manter a inclinação do talude 1:1, a largura no fundo é de 2m, o comprimento das valas é obtido pela Equação 7, resultando em um comprimento de 43,23m.

Portanto, as dimensões finais das valas foram de 6,0m x 43,0m x 2m. As valas foram distribuídas em área com distanciamento de 1,0m entre as bordas conforme recomendação da NBR 15.849 (ABNT, 2010). A planta baixa, corte longitudinal e corte transversal da vala padrão projetada estão apresentados no Apêndice II.

Para este trabalho, foi considerado que os resíduos da construção civil e de poda serão depositados na vala já existente na área de implantação do aterro sanitário, cuja dimensões estão detalhadas no Apêndice II. De acordo com a Sec. Meio Ambiente do município, semanalmente são coletados aproximadamente 9m³ de RCC e galhada, que resulta em aproximadamente 432,00m³ por ano.

Sabendo que a vala existente tem volume igual a 10.000m³, considerando que este tipo de resíduo não necessita de cobrimento diário, esta vala pode ser utilizada por aproximadamente 20 anos.

4.4 Impermeabilização

Devido à falta de informação acerca do tipo de solo no local de implantação do aterro e a profundidade do lençol freático, foi considerada impermeabilização complementar com uso de solo compactado e geomembranas. Deve ser executada uma camada de 60cm de solo argiloso compactado acima do solo natural para aumentar a impermeabilidade do sistema (Figura 17).

Figura 17 - Impermeabilização complementar camada de solo argiloso
NÍVEL DO TERRENO



Fonte: Autor, 2021.

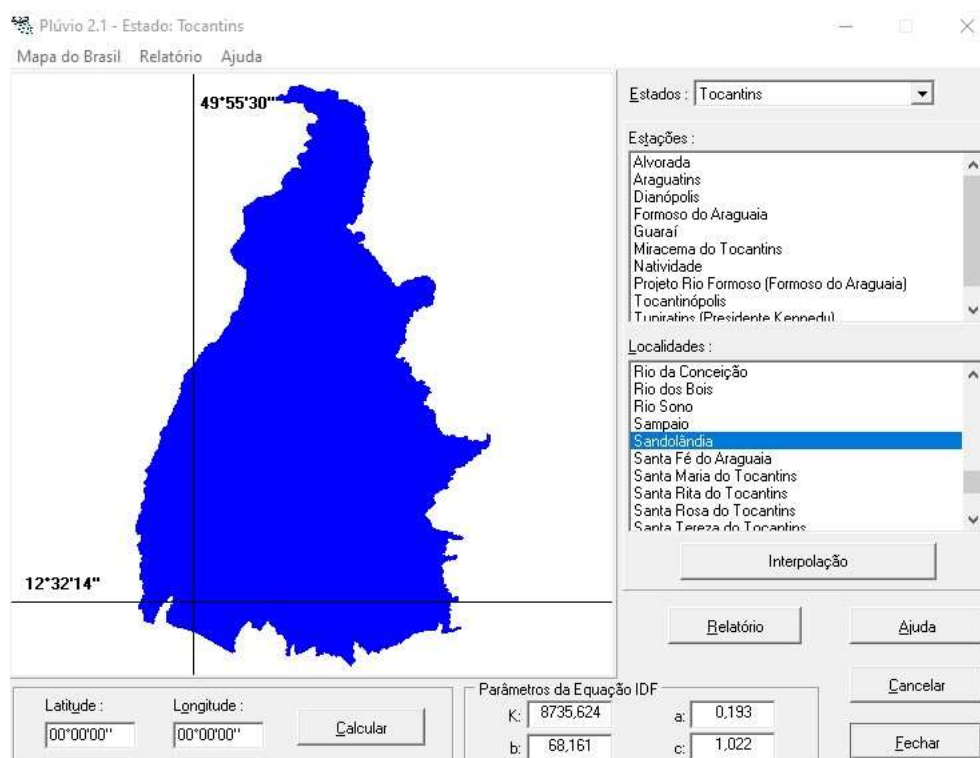
O dimensionamento da manta foi feito aplicando a Equação 11, considerando 1,50 m de ancoragem para cada lado. Dessa forma, serão necessários 486,80m² de manta para cada vala do aterro sanitário, somando um total de 43.812,00m² para as 90 valas.

4.5 Drenagem superficial

O dimensionamento das canaletas do sistema de drenagem superficial foi feito aplicando o Método Racional (Equação 9) que permite calcular qual é a vazão a ser drenada pelo sistema.

Os parâmetros específicos para cálculo da intensidade de chuva crítica foram obtidos pelo *Software* Pluvio 2.1, como apresentados na Figura 18.

Figura 18 - Resultados obtidos pelo *Software Pluvio 2.1*



Fonte: Autor (2021)

Aplicando a Equação 10, obteve-se que a intensidade de chuva crítica no local é de 135,68mm/h. Em seguida, foi aplicada a Equação 9, considerando o coeficiente de escoamento $C=0,3$ (ver Tabela 4), cujo resultado foi uma vazão de $0,624 \text{ m}^3/\text{s}$.

O dimensionamento das canaletas de águas pluviais foi feito utilizando a Equação de Chézy-Manning (Equação 11). Aplicando a vazão calculada e a inclinação $i=10\%$, obteve-se a equação 15, a seguir descrita:

$$0,0025675 = S * (RH)^{\frac{2}{3}} \quad \text{Equação 15}$$

Pelo método da tentativa, aplicando a Equação 15 no *Software Excel*, obteve-se os resultados apresentados na Tabela 12.

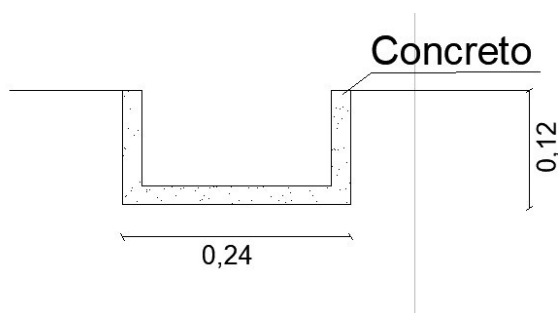
Tabela 12 - Aplicação da Equação 15

b (m)	h (m)	S (m)	RH (m)	Q (m ³ /s)
0,2	0,1	0,4	0,05	0,054288352
0,15	0,075	0,3	0,0375	0,033610536
0,1	0,05	0,2	0,025	0,017099759

Fonte: Autor (2021)

Como apresentado na Tabela 12 os valores de base e altura da canaleta dimensionados para a vazão calculada foram de 0,15m e 0,075m, respectivamente. Visto que essas dimensões são muito pequenas e visando a execução mais simples das canaletas, foram adotadas as dimensões de 0,20m e 0,10m para base e altura das canaletas, considerando espessura de 2cm, como apresentado na Figura 19.

Figura 19 - Corte seção transversal de canaletas do sistema de drenagem superficial



Fonte: Autor (2021)

4.6 Drenagem e tratamento de lixiviados

4.6.1 Dimensão dos drenos:

Utilizando Equação 12, para uma precipitação anual de 1500mm/ano e, considerando o coeficiente $K=0,25$ (ver Tabela 5), obteve-se uma vazão de lixiviados $Q=0,00000403 \text{ m}^3/\text{s}$.

Essa vazão é referente a uma vala, portanto, ao final de cada dia o volume a ser drenado será de $1,305 \text{ m}^3$. O dimensionamento dos drenos cegos é feito aplicando a Lei de Darcy (Equação 13), considerando $i=10\%$ e $K=0,8$ (ver Tabela 6). Dessa forma, o diâmetro calculado para o sistema primário (que coleta o lixiviado de cada vala) foi de $0,00008\text{m}$, mas considerando que este valor não é construtivo, foi adotado o diâmetro $D=20\text{cm}$. O diâmetro calculado para o sistema secundário (que conduz o lixiviado ao poço) foi de $0,45\text{m}$.

4.6.2 Dimensionamento do sistema de tratamento

Foi considerado que a coleta de percolato deve ser feita a cada 2 meses, bombeando e injetando o lixiviado na massa do aterro por meio da recirculação, como esquematizado na Figura 9. Por isso, o poço de armazenamento de lixiviado deve ter volume acumulado 78,34 m³. Para o volume calculado, as dimensões do poço foram obtidas aplicando a Equação 14, considerando diâmetro de 4,0m, resultando em uma profundidade de 6,30m.

4.7 Drenagem e tratamento de gases

Em razão de o aterro ser de pequeno porte, conforme metodologia da cartilha ReCESA (2008), serão instalados drenos verticais de tubos de PEAD ligados ao sistema de drenagem de lixiviados, com diâmetro de 500 mm, perfurados em toda sua circunferência para facilitar a captação dos gases dentro das células. Cada vala deve ter um dreno, cujo raio de ação é de 20m. Os drenos devem partir da base da célula, ligados ao sistema de drenagem de lixiviados, passando pela camada de cobertura e chegando à superfície com sobra de 0,5m. As laterais desses drenos serão revestidas com brita 3, 4 ou 5, afim de evitar que os resíduos ou solo obstrua os furos de captação de gás.

4.8 Acessos e isolamento do aterro

Conforme especificação da ABNT (2010), foi determinado o isolamento do aterro sanitário com barreira física constituída de arame farpado, de forma que o acesso ao aterro será feito por portão ao lado da guarita já existente. Além da cerca de arame farpado, foi prevista cerca viva em todo perímetro do aterro que diminui a poluição visual e odores.

4.9 Operação do aterro sanitário

4.9.1 Coleta e recepção dos RSU

A coleta dos RSU da cidade de Sandolândia é realizada todos os dias úteis em caminhão coletor, não passando por processo de compactação, sendo que três vezes na semana é feita coleta de RCC e galhadas.

Ao adentrar o aterro sanitário o caminhão deve direcionar-se ao pátio onde será feita uma análise visual quanto à presença de resíduos que não devem ser lançados na vala, como resíduos da construção civil, galhadas, devendo estes serem retirados e encaminhados ao local correto de descarte.

4.9.2 Disposição dos RSU

Seguindo as recomendações da NBR 15.849 (ABNT, 2010) a vala deverá ser aberta de uma só vez, sendo que o solo escavado deve ser acumulado em um dos lados da vala. Os resíduos serão descarregados pelo lado livre da vala, sem a entrada do veículo. Conforme são depositados, os resíduos devem ser nivelados e cobertos com solo de escavação. Os resíduos serão dispostos nas células em camadas de 70cm. A abertura e preenchimento das valas de RSU deve seguir a ordem VA1 a VA37, seguido da VB 1 a VB 32, VC 1 a VC 22 e, por fim, VD 1 a VD 4. A identificação das valas está apresentada no Apêndice II.

4.9.3 Compactação

Visto que se trata de um aterro com menores dimensões, a compactação dos resíduos pode ser feita de forma manual ou com compactador mecânico de pequeno porte. Após serem lançados e espalhados na célula com altura de 50cm, os resíduos devem ser compactados até que a altura da camada atinja 35cm.

4.9.4 Camadas de Cobertura

Sob a camada de RSU compactada disposta em um dia deverá ser lançada uma camada de 10 cm de solo para evitar o carreamento de particulado e proliferação de vetores (animais e insetos). Seguindo as recomendações da NBR 15.849 (ABNT, 2010), a camada de cobertura final do aterro sanitário será constituída de 1,0m de solo compactado, coberto com solo orgânico e plantio de grama.

4.10 Projeto Gráfico

Conforme especificado na NBR 15.849 (ABNT, 2010), o projeto gráfico do aterro sanitário que consta: planta baixa do aterro, acesso e isolamento do aterro, rede de drenagem superficial e de lixiviados, detalhamento das valas e do poço de chorume está apresentado no Apêndice II.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Os aterros sanitários são o método mais eficaz de disposição dos resíduos sólidos sem que haja contaminações do solo, lençol freático e corpos d'água. As simplificações possibilitadas pela Resolução CONAMA 404 e a NBR 15.849 permitem que o processo de licenciamento ambiental, a execução e a operação dos aterros sanitários de pequeno porte sejam mais adequados à realidade dos municípios com pequena população. Este trabalho permitiu aprofundar os estudos acerca da realidade da disposição dos resíduos sólidos urbanos no Brasil, das formas de deposição utilizadas e sua correta destinação conforme a legislação vigente e, assim, propor uma solução ao problema ambiental e social existente no município de Sandolândia – TO.

Os resultados obtidos com este trabalho mostram ser possível utilizar a área que atualmente é um lixão e utilizá-la para implantação de um aterro sanitário de pequeno porte com todos os sistemas de proteção ambiental com operação de no mínimo 15 anos. Destaca-se que a ausência de dados específicos do local de implantação implicou na adoção de todos os sistemas de proteção ambiental e de dados regionais que possibilitaram alcançar aos objetivos propostos.

Utilizando a área que hoje é um lixão, foram dimensionadas 90 valas para disposição dos resíduos domiciliares e de comércio e uma vala para disposição de resíduos da construção civil e galhadas, sistema de impermeabilização complementar com solo compactado e geomembrana. Para drenagem pluvial optou-se pelo uso das canaletas, para a drenagem de lixiviados foi proposto o uso de drenos cegos centralizados em cada vala e para drenagem de gases uso de drenos verticais preenchidos com brita.

À luz da Lei Federal 12.305/2010, destaca-se que além de depositar os resíduos em local adequado, é importante incentivar a redução, a reciclagem e a reutilização destes, diminuindo assim o volume de RSU a ser depositado no aterro sanitário.

Para trabalhos futuros, mantendo a linha de pesquisa desenvolvida neste trabalho, sugere-se: Analisar a viabilidade de utilização de RCC gerado no município como cobertura diária e final das valas do aterro sanitário proposto; estudar a viabilidade técnica e econômica de um consórcio intermunicipal entre os municípios de Araguaçu, Sandolândia e Formoso do Araguaia para execução de um aterro sanitário que atenda a esses municípios.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.849: **Resíduos Sólidos Urbanos – Aterros Sanitários de Pequeno Porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento**. Rio de Janeiro, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8.419: **Apresentação de projetos de projetos de aterros controlados de resíduos urbanos sólidos**. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004: **Resíduos Sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.896: **Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro, 1997.
- ALHEIROS, M. M. *et al.* **Manual de ocupação de morros na região metropolitana do Recife**. Recife-CE, 2003.
- BOSCOV, M.E., **GEOTECNIA AMBIENTAL**. Editora Oficina de Textos, 2005.
- BRASIL. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília-DF, 2012.
- CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução COEMA/TO nº 07**. Diário Oficial. 2005.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 404**. Diário Oficial da União. 2008.
- CRT VILA VELHA. **Estrutura: Colchão drenante**. Disponível em: <https://ctrvilavelha.com.br/estrutura/>. 2021.
- FERREIRA, A. L. **Aterro Sanitário**. Portal Resíduos Sólidos. Disponível em: <https://portalresiduossolidos.com/aterro-sanitario/>. 2018.
- FILHO, A.M.C., BARROS, C.O. CHUMAN, T.F. **Proposta de dimensionamento de aterro sanitário para o município de Viana**. Atenas Maranhense, 2017.
- FILHO, S. R. S., **Proposta de modelo de aterro sanitário simplificado para municípios de pequeno porte**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.
- FREIRE, G. J. M. **Análise de Municípios Mineiros quanto à Situação de seus Lixões**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais – Instituto de Geociências – Departamento de Cartografia. Belo Horizonte, 2009.

GAZETA ITAPIRENSE. **Novo aterro sanitário recebe primeira camada nesta segunda-feira.** Disponível em: <https://gazetaitapireNSE.com.br/novo-aterro-sanitario-recebe-primeira-camada-nesta-segunda-feira/>. 2020.

G1 GLOBO. **Veja fotos do lixão de Manguá, SP.** Disponível em: <http://g1.globo.com/sp/santos-regiao/fotos/2012/10/veja-fotos-do-lixao-de-mongagua-sp.html>. 2012.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Manual para implantação de aterros sanitários em valas de pequenas dimensões, trincheiras e em células.** Disponível em: https://ambienteduran.eng.br/publicador/PUBLICACOES/MANUAL_DO_ATERRO.pdf.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sandolândia-TO: Panorama.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/sandolandia/panorama>. 2021.

LOPES, E. B. **Aterro sanitário: proposta para substituir lixões nas cidades com até 100.000 habitantes.** Dissertação Mestrado – Universidade Federal do Pará. Belém, 2016.

MACCAFERRI. **Crerios gerais para projeto, especificação e aplicação de geossintéticos.** Manual Técnico. Jundiaí: Maccaferri do Brasil, 2010.

MARCHEZINI, S. F., *et al.* **Dimensionamento de colchão drenante com agregado siderúrgico.** GEOCENTRO, Brasília. 2019.

MEDEIROS, J. H. D. **Gestão dos resíduos sólidos para municípios de pequeno e médio porte à Luz da política nacional de resíduos sólidos.** Monografia - Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Angicos, 2012.

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

PERS TO. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Tocantins.** Palmas, 2017.

RECESA. **Resíduos Sólidos: Projeto, operação e Monitoramento de Aterros Sanitários.** Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Belo Horizonte, 2008

SANTOS, R.T., **A gestão de resíduos sólidos: utopia ou realidade no estado do Tocantins?** Dissertação - Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2017. Acesso em 16 de março de 2021.

SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO. **Perfil socioeconômico dos municípios: Sandolândia.** Palmas, 2017.

SILVA, K. T., **Projeto de um aterro sanitário de pequeno porte.** Trabalho de Conclusão de Curso – Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2016.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **18º Diagnóstico de Manejo de resíduos Sólidos Urbanos.** Brasília, 2020.

STRAIOTO, S. **Comurg tenta acordo com Celg para ampliação de aterro sanitário**. Diário de Goiás. Disponível em: <https://diariodegoias.com.br/comurg-tenta-acordo-com-celg-para-ampliacao-do-aterro-sanitario/>. Acesso em 25 de outubro de 2021.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANDOLÂNDIA. Disponível em: <https://www.sandolandia.to.gov.br/>. Acesso em 28 de setembro de 2021.

APÊNDICE I

MEMORIAL DE CÁLCULO

1. Cálculo do volume de RSU

O volume de RSU gerado foi calculado com o Software Excel resultando em um total de 25.883,68m³.

$$V_o = 25.883,68 * 1,2$$
$$V_o = 31.060,41 \text{ m}^3$$

2. Dimensionamento das valas

Considerando um período de preenchimento das valas de 60 dias, serão necessárias aproximadamente 90 valas ao longo da vida útil do aterro, com volume unitário de aproximadamente 345m³ por vala. Sabendo que a altura limitada a 3m devido ao método executivo, foi adotada altura de 2,0 m e largura no nível do terreno de 6 metros e, para manter a inclinação do talude 1:1, a largura no fundo é de 2m, o comprimento das valas é obtido pela Equação 7:

$$V_v = \frac{(B + b) * h}{2} * L$$
$$345 = \frac{(6 + 2) * 2}{2} * L$$
$$L = 43,23 \text{ m}$$

Portanto, as dimensões finais das valas foram de 6,0m x 43,0m x 2m.

3. Dimensionamento da geomembrana

O dimensionamento da manta foi feito aplicando a Equação 8. Considerou-se 1,50 m de ancoragem para cada lado.

$$A_{total} = A_{base} + 2 * A_{lateral maior} + 2 * A_{lateral menor} + A_{Anc}$$

$$\text{Diagonal} = \sqrt{(2^2 + 2^2)} = 2,82 \text{ m}$$

$$\text{Área lateral maior} = 2,82 * ((43 + 39)/2) = 115,62 \text{ m}^2$$

$$\text{Área lateral menor} = 2,82 * ((6 + 2)/2) = 11,28 \text{ m}^2$$

$$\text{Área da base} = 2 * 43 = 86,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Ancoragem} = (43 + 43 + 6 + 6) * 1,5 = 147,00 \text{ m}^2$$

$$\text{Área da manta por vala} = (2 * 115,62) + (2 * 11,28) + 86,0 + 147,0 = 486,80 \text{ m}^2$$

$$\text{Área da manta para o aterro com 90 células} = 90 * 486,80 = 43.812,0 \text{ m}^2$$

Dessa forma, serão necessários 43.812,00m² de geomembrana para impermeabilização das valas do aterro sanitário.

4. Dimensionamento das canaletas de drenagem superficial

Aplicando o Método Racional (Equação 12), é calculada a vazão a ser drenada pelo sistema.

$$Q = C * i * A$$

Dados:

$$A = 55.237,5862 \text{ m}^2$$

$$C = 0,3$$

i = Intensidade da chuva crítica (mm/h)

$$i = K * T^a / (t + b)^c$$

Em que:

T = período de retorno (anos)

t = duração da precipitação (minutos)

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

Aplicando a Equação 13, obtém-se:

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

$$i = \frac{8735,624 * 15^{0,193}}{(30 + 68,161)^{1,022}}$$

$$i = \frac{14.735,605}{108,58}$$

$$i = 135,68 \text{ mm/h}$$

Aplicando o Método Racional, temos:

$$Q = C * i * A$$

$$Q = 0,3 * 0,00003768 * 55.237,5862$$

$$Q = 0,624 \text{ m}^3/\text{s}$$

O dimensionamento das canaletas de águas pluviais foi feito utilizando a Equação de Chézy-Manning (Equação 14), a seguir descrita:

$$Q = \frac{1}{n} * S * (RH)^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}}$$

$$0,624 = \frac{1}{0,013} * S * (RH)^{\frac{2}{3}} * (10)^{\frac{1}{2}}$$

$$0,0025675 = S * (RH)^{\frac{2}{3}} \quad \text{Equação 15}$$

5. Dimensionamento dos drenos cegos de drenagem de lixiviados

$$P = 1500 \text{ mm/ano}$$

$$A = 339 \text{ m}^2$$

$$K = 0,25$$

$$T = 31.536.000 \text{ s/ano}$$

$$Q = \frac{1}{t} * P * A * K$$

$$Q = \frac{1}{31536000} * 1,5 \text{ m} * 339 * 0,25$$

$$Q = 0,00000403 \text{ m}^3/\text{s}$$

Essa vazão é referente a uma vala, portanto, ao final de cada dia o volume a ser drenado será de 1,305 m³. O dimensionamento dos drenos cegos é feito aplicando a Lei de Darcy.

$$Q = \frac{K}{i} * A$$

$$A = Q * \frac{i}{K}$$

Para sistema primário cada vala:

Dados:

K = 0,8 (Brita nº 4)

i = 10% (Declividade média do terreno)

Q = 0,00000403 m³/s

$$A = 0,00000403 * \frac{0,1}{0,8}$$

$$A = 0,000000503 \text{ m}^2$$

$$D = 0,00008 \text{ m}$$

Adotar D = 20cm.

Para sistema secundário:

Dados:

K = 0,8 (Brita nº 4)

i = 10% (Declividade média do terreno)

Q = 1,305 m³/s

$$A = 1,305 * \frac{0,1}{0,8}$$

$$A = 0,1631 \text{ m}^2$$

$$D = 0,45 \text{ m}$$

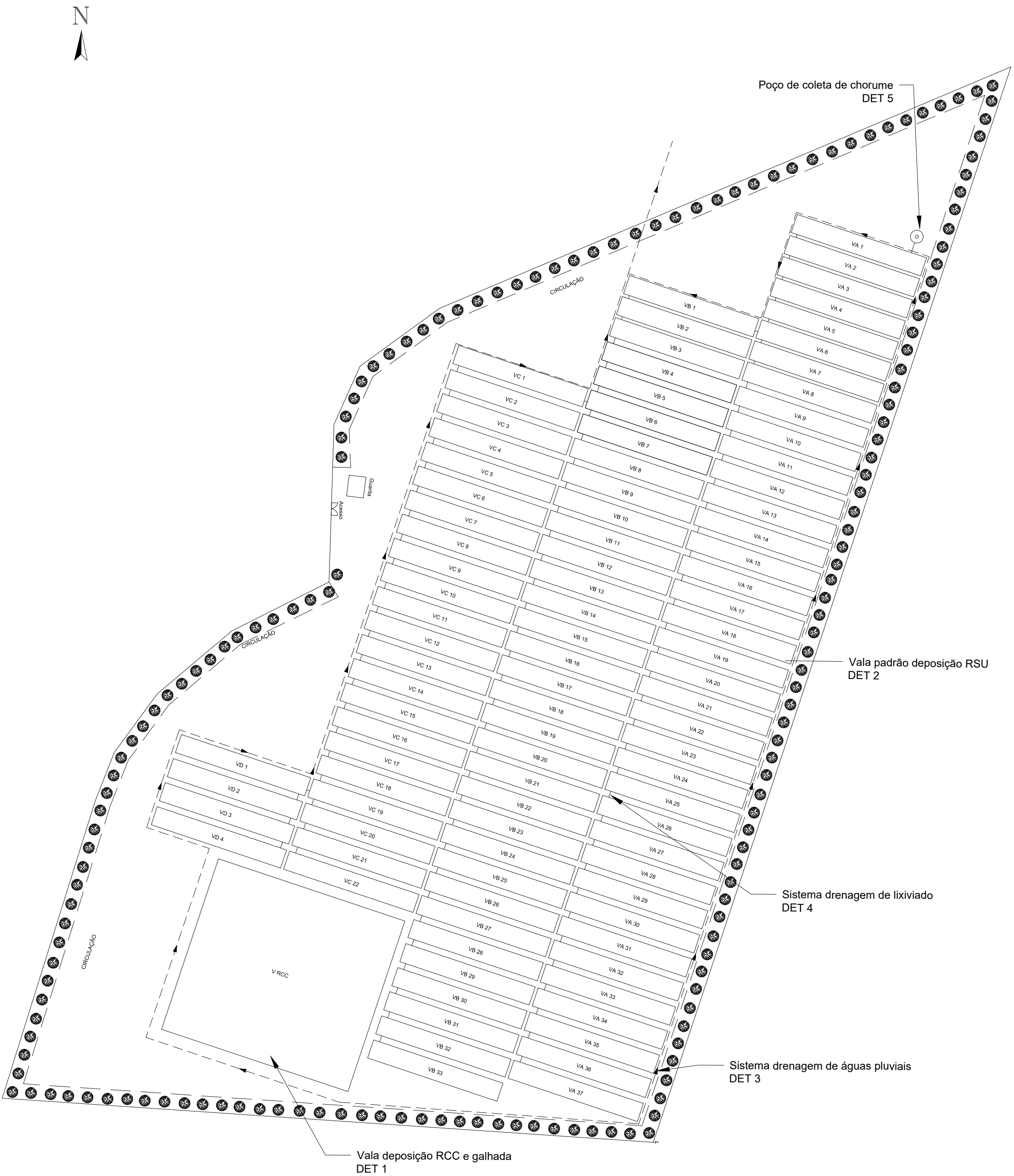
6. Aplicação da Equação 15, considerando que o diâmetro do poço de chorume é de 4,0m.

$$V = \frac{\pi * D^2}{4} * h$$

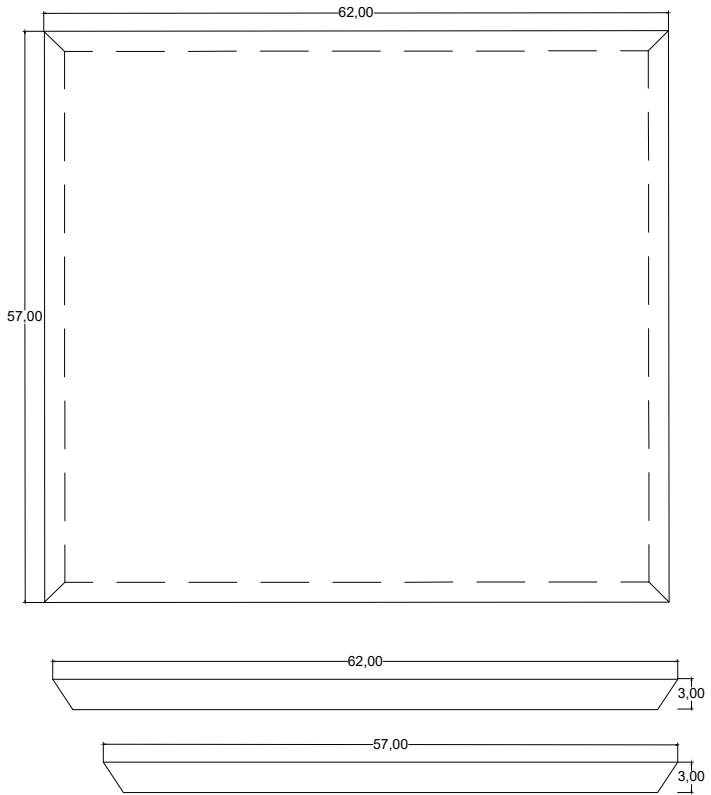
$$78,34 = \frac{\pi * 4^2}{4} * h$$

$$h = 6,23 \text{ m}$$

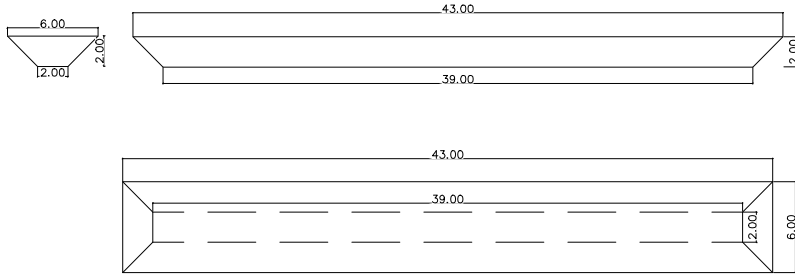
APÊNDICE II



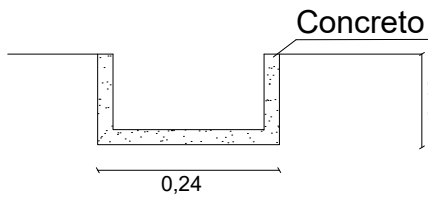
Planta baixa Layout Aterro Sanitário
Escala 1:1000



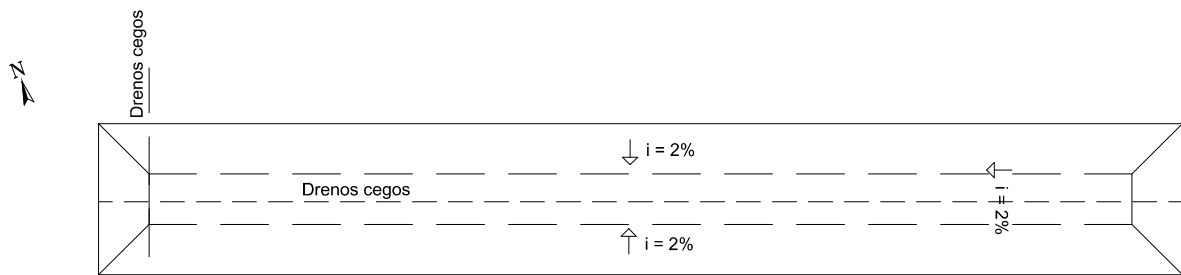
Detalhe 1 - Planta baixa e cortes Vala RCC e galhadas
Escala 1:750



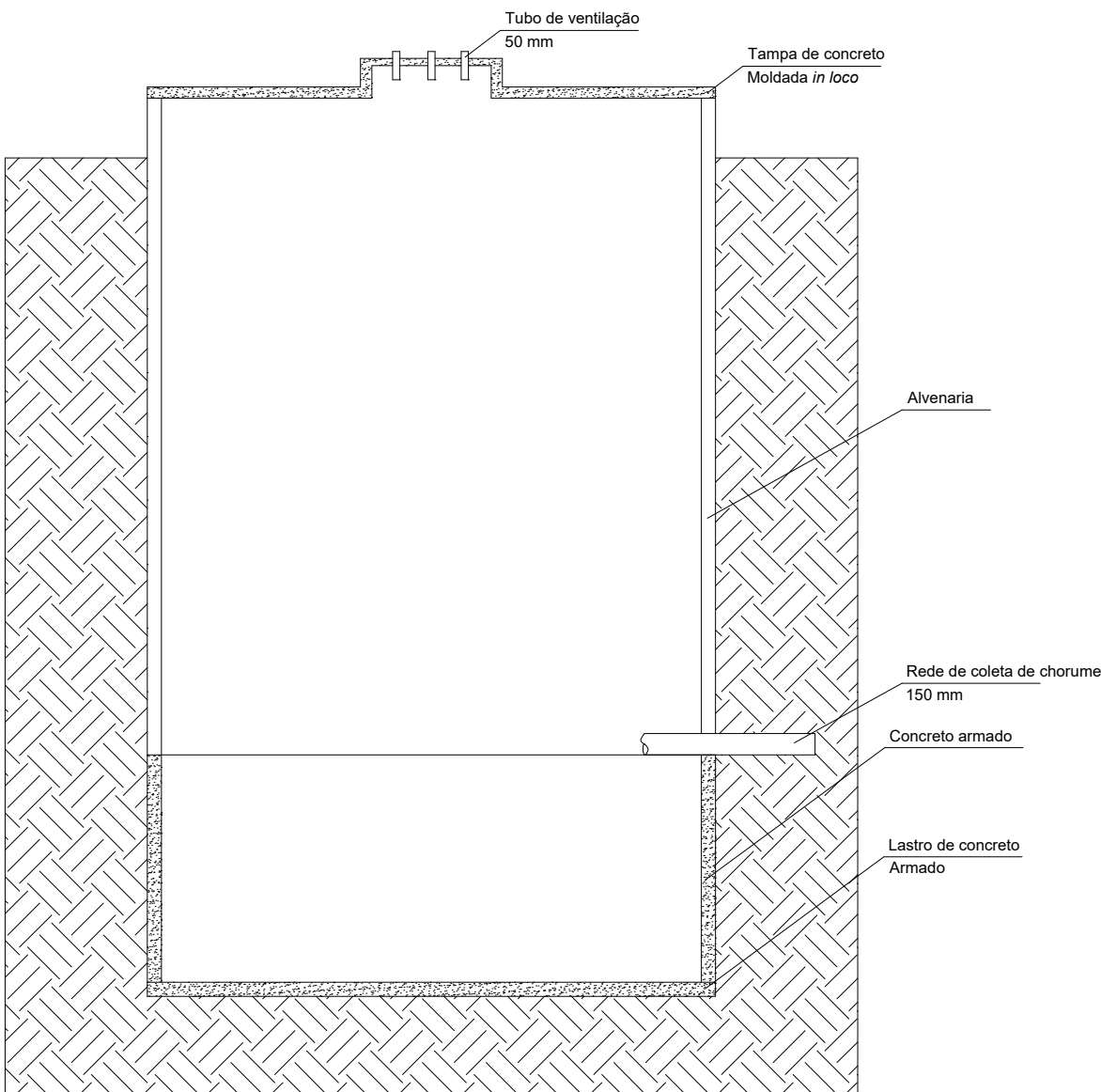
Detalhe 2 - Planta baixa e cortes Vala RSU
Escala 1:500



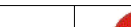
Detalhe 3 - Sistema de drenagem de águas pluviais
Escala 1:10



Detalhe 4 - Sistema de drenagem de lixiviado
Escala 1:300



Detalhe 2 - Poço de coleta de chorume
Escala 1:50

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins Campus Gurupi		
PROJETO DE ATERRO SANITÁRIO - MUNICÍPIO DE SANDOLÂNDIA - TO		
Trabalho de Conclusão de Curso	Escala:	
Aluno (a): Sarah Cortez Brito	INDICADA	
Orientador (a): Kárita Alves	Unidade:	
Coorientador (a): Camila Ribeiro	METROS	