

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2024/423

Proposta de Aterro Sanitário Para Sandolândia-TO - Estudo de Caso de Município de Pequeno Porte

Kárita Christina Soares Kanaïama Alves
PEBTT, IFTO, Gurupi, Brasil, karita.alves@ifto.edu.br

Sarah Cortez Brito
Engenheira Civil, Araguaçu, Brasil, sarahcortezbrito@hotmail.com

Camila Ribeiro Rodrigues
Docente, Unirg, Gurupi, Brasil, camilaribeiro@unirg.edu.br

RESUMO: Mesmo após 13 anos da publicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, parte significativa dos resíduos sólidos gerados nos municípios brasileiros é disposta em áreas como lixões e aterros controlados. Em 2022, cerca de 39% dos resíduos foram dispostos de forma incorreta, sendo especialmente preocupante na região norte, onde a taxa foi de 63,4% (ABRELPE, 2022). Assim, considerando a legislação vigente, foi desenvolvida uma proposta de projeto de aterro sanitário de pequeno porte para Sandolândia-TO, como alternativa para substituir o atual lixão. O desenvolvimento do projeto foi feito com base nas normas técnicas e trabalhos relacionados ao tema. Os resultados mostraram que é possível utilizar a área do lixão para a implantação de um aterro sanitário de pequeno porte com todos os sistemas de proteção ambiental, com operação de no mínimo 15 anos. Foram dimensionadas 91 valas para resíduos domiciliares, de comércios, de resíduos da construção civil e galhadas, com 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. As simplificações possibilitadas pela legislação permitem que o processo de licenciamento ambiental, a execução e a operação dos aterros sanitários de pequeno porte sejam mais adequados à realidade da maioria dos municípios tocantinenses.

PALAVRAS-CHAVE: aterro sanitário de pequeno porte, resíduos sólidos urbanos, PNRs.

ABSTRACT: Even after 13 years since the publication of the National Solid Waste Policy, a significant portion of the solid waste generated in Brazilian municipalities is disposed of in areas such as open dumps and controlled landfills. In 2022, about 39% of the waste was improperly disposed of, with particular concern in the northern region, where the rate was 63.4% (ABRELPE, 2022). Thus, considering the current legislation, a proposal for a small-scale sanitary landfill project was developed for Sandolândia-TO as an alternative to replace the current open dump. The project development was based on technical standards and related works on the subject. The results showed that it is possible to use the area of the open dump for the implementation of a small-scale sanitary landfill with all environmental protection systems, with a minimum operation of 15 years. 91 trenches were dimensioned for household, commercial, construction waste, and yard waste, with complementary waterproofing systems using compacted soil and geomembrane. For stormwater drainage, the use of channels was chosen. For leachate drainage, the use of blind drains centralized in each trench was proposed, and for gas drainage, the use of vertical drains filled with gravel was proposed. The simplifications allowed by legislation enable the environmental licensing process, execution, and operation of small-scale sanitary landfills to be more suitable for the reality of most municipalities in Tocantins.

KEYWORDS: Small-Scale sanitary landfill, urban solid waste, PNRs.

1 INTRODUÇÃO

A gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é um aspecto crucial para a preservação ambiental e da saúde pública. O descarte inadequado desses resíduos pode acarretar uma série de problemas ambientais, incluindo contaminação do solo, do lençol freático e de corpos d'água, poluição visual e impactos

negativos na saúde da população. Apesar dos esforços e da promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos há mais de uma década, ainda existe uma parcela significativa dos municípios brasileiros, cerca de 39%, que não realizam o manejo adequado de seus resíduos, recorrendo frequentemente a métodos obsoletos como os lixões ou aterros controlados. Essa situação é ainda mais alarmante na região Norte, onde esse percentual chega a 64% (ABRELPE, 2022).

O Panorama de resíduos sólidos no Brasil (ABRELPE, 2022) destaca o aumento no número de aterros sanitários no período de 2010 a 2019, porém, esse crescimento não foi suficiente para acompanhar a expansão da geração de resíduos. Queiroz e Filho (2022) apontam que os municípios de pequeno porte enfrentam desafios adicionais, devido à falta de recursos financeiros, o que os impede de implementar soluções ambientalmente adequadas, resultando na continuidade de práticas prejudiciais ao meio ambiente.

No Estado do Tocantins, onde aproximadamente 94% dos municípios são classificados como de pequeno porte (IBGE, 2022), é evidente a necessidade premente de desenvolver propostas que sejam não apenas eficazes, mas também economicamente viáveis, para lidar com a gestão dos resíduos sólidos. É nesse contexto que se destaca a importância de se criar um projeto de aterro sanitário de pequeno porte para a cidade de Sandolândia-TO, em conformidade com as diretrizes estabelecidas pela NBR 15.849 (ABNT, 2010). Tal iniciativa se apresenta como uma alternativa promissora e acessível para a disposição correta dos RSU, contribuindo para a mitigação dos impactos ambientais e para a promoção da qualidade de vida da população local.

1.1 Objetivo

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver uma proposta de aterro sanitário de pequeno porte para o município de Sandolândia-TO, para uma vida útil de 15 anos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção estão apresentados os principais conceitos relacionados ao desenvolvimento deste trabalho.

2.1 Resíduos sólidos urbanos

De acordo com a NBR 10.004 (ABNT, 2004) o termo resíduos sólidos urbanos (RSU) refere-se a todos os resíduos no estado sólido e semi-sólido resultantes de atividades do meio industrial, comercial, hospitalar, doméstico, agrícola, de serviços e de varrição. Ainda segundo esta norma, os RSU podem ser classificados como resíduos de grau I, que são aqueles que apresentam perigo à sociedade, e resíduos de grau II que não apresentam periculosidade, podendo ainda ser subdivididos em grau IIA (não inertes) e grau IIB (inertes). Entre as características que a norma apresenta para os resíduos estão a composição gravimétrica e o peso específico.

2.2 Destinação final dos resíduos sólidos

Existem três métodos de deposição dos resíduos sólidos: lixões, aterros controlados e aterros sanitários (Boskov, 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%).

Nos locais denominados lixões, os resíduos sólidos urbanos são descarregados a céu aberto diretamente no solo, sem nenhum tipo de cuidado com o meio ambiente (Monteiro *et al.*, 2001).

Para Filho, Barros e Chuman (2017) aterro controlado 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).

Os aterros sanitários, por sua vez, 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. Podem ser divididos em aterros de pequeno, médio e grande porte de acordo com a população do município a que atende.

2.3 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) (Boskov, 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) que são: localização do aterro, drenagem de águas pluviais, impermeabilização complementar, drenagem e tratamento de gases, drenagem, armazenamento e tratamento de lixiviados, acessos e isolamento do aterro sanitário e sistema de cobertura.

3 METODOLOGIA

Nesta seção estão apresentados o estudo de caso e os procedimentos para desenvolvimento do projeto.

3.1 Estudo de caso

O município de Sandolândia situa-se ao sul do estado do Tocantins, a 453 km de distância da capital Palmas. Possui um território de 3.528,62 km² e limita-se com os municípios tocantinenses de Araguaçu, Formoso do Araguaia e Figueirópolis e São Miguel do Araguaia-GO. 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 (IBGE, 2023). Além disso, o município é a porta de entrada para a maior ilha fluvial do mundo, a Ilha do Bananal.

Em relação ao clima, caracteriza-se como úmido subúmido com moderada deficiência hídrica, com precipitação média variando de 1500 mm/ano a 1700 mm/ano (Governo do Estado do Tocantins, 2013). Já em relação às temperaturas e precipitação médias, observa-se na Figura 2 os valores calculados a partir de uma série de dados de 30 anos. O período chuvoso se estende de outubro a abril, com temperaturas variando de 23°C a 34°C (Climatempo, 2024). Não foram encontrados dados de evapotranspiração para o município.

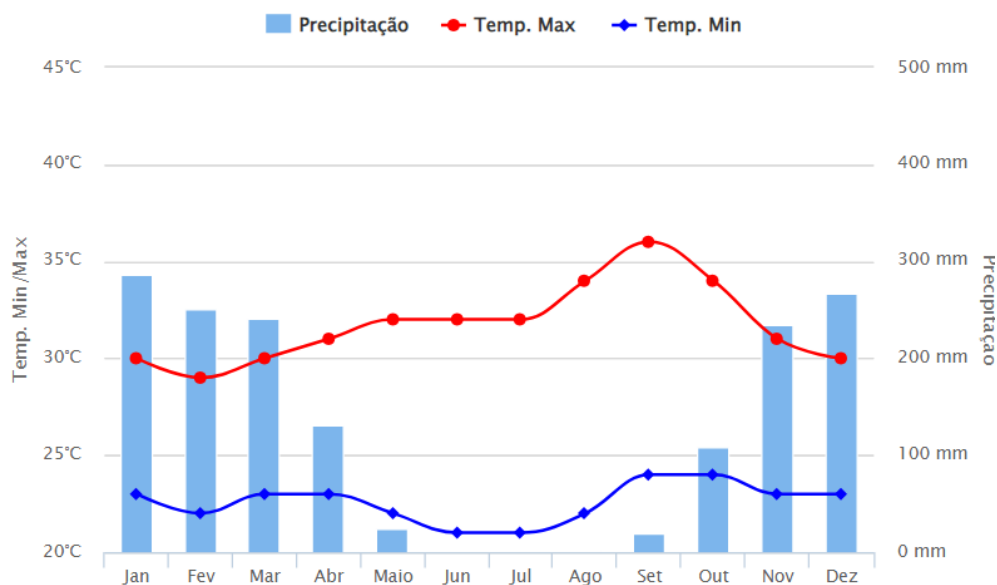


Figura 1. Precipitação e temperaturas médias para Sandolândia. Fonte: Climatempo (2024).

Os resíduos sólidos gerados na cidade, provenientes de diferentes fontes como domicílios e estabelecimentos comerciais, são considerados não perigosos. Não foi possível fazer análise de caracterização dos resíduos durante o desenvolvimento deste trabalho e a prefeitura não dispunha desta informação. Os

resíduos são coletados pelo serviço municipal de limpeza e depositados em um lixão, mostrado na Figura 2, localizado à margem da TO-181, a cerca de 3km do centro da cidade. Neste local, parte dos resíduos é disposta em valas e incinerada, enquanto outra parte é descartada de forma inadequada, o que resulta em resíduos espalhados na área circundante, como mostrado na Figura 3.



Figura 2. Lixão de Sandolândia: a) Localização, b) Imagem aérea. Fonte: Google Maps (2024).



Figura 3. Lixão de Sandolândia: a) Vala única de incineração do RSU, b) RSU às margens da TO 181. Fonte: Google Maps (2024).

3.2 Desenvolvimento do projeto

O projeto do aterro sanitário foi desenvolvido seguindo as normas NBR 15.849 (ABNT, 2010), NBR 8.419 (ABNT, 1992) e NBR 13.896 (ABNT, 1997), além de bibliografias, artigos científicos e trabalhos relacionados. O método de operação em valas foi adotado, conforme recomendação da NBR 15.849 (ABNT, 2010), com uma vida útil de 15 anos considerada para o dimensionamento. O crescimento populacional foi estimado geometricamente, enquanto a produção de RSU per capita foi calculada utilizando a média do Estado do Tocantins.

O dimensionamento das valas considerou a densidade dos resíduos e o fator de cobertura diária. A impermeabilização complementar foi determinada de acordo com os critérios da norma. A drenagem superficial pluvial foi calculada pelo Método Racional e a drenagem de lixiviados pelo Método Suíço. O tratamento dos lixiviados foi projetado com base na recirculação. O projeto gráfico foi elaborado conforme as

diretrizes da NBR 15.849 (ABNT, 2010), incluindo sequências construtivas, cortes transversais, acessos, sistemas de proteção ambiental e pontos de coleta de águas superficiais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após contato com a Prefeitura Municipal de Sandolândia foi informado que há interesse em utilizar a atual área de deposição de RSU para implantação do aterro sanitário cuja área é de 55.000m². 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 futuro aterro sanitário, o que acarretaria numa diminuição da sua vida útil.

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, sendo esse, portanto, o método de operação definido para este trabalho.

Para dimensionar as valas no aterro sanitário de Sandolândia, foram realizados cálculos com base no crescimento populacional estimado ao longo da vida útil do aterro. Considerando uma população inicial de 3.376 habitantes e uma taxa de crescimento anual de 0,15%, juntamente com a geração per capita de resíduos sólidos urbanos (RSU) de 0,97 kg/hab/dia e densidade do resíduo compactado de 700kg/m³, foi possível calcular o volume total de RSU gerado ao longo dos 15 anos previstos para a vida útil do aterro. Esse volume foi ajustado para levar em conta o fator de cobertura diário de 20%, resultando em um volume total de ocupação de 31.060,41 m³.

Para acomodar esse volume de resíduos, seriam necessárias cerca de 90 valas ao longo da vida útil do aterro, cada uma com dimensões de 6,0m x 43,0m x 2,0m, incluindo o volume de cobertura diário. As valas foram projetadas com um espaçamento de 1,0m entre as bordas, conforme item 6.2.1, subitem a, da NBR 15.849 (ABNT, 2010). Considerando que o município não dispõe de meios de reciclagem dos resíduos da construção civil e de poda, estes poderão ser depositados em uma vala já existente na área do aterro, com volume suficiente para aproximadamente 20 anos de utilização. Essas considerações foram fundamentais para o planejamento adequado e dimensionamento das valas no aterro sanitário de Sandolândia.

Devido à falta de informações sobre o solo e o lençol freático, é recomendável adicionar uma camada de 0,60m de solo argiloso compactado sobre o solo natural para aumentar a impermeabilidade da base do aterro sanitário. Essa camada foi projetada para aumentar a capacidade de impermeabilização e proteger o ambiente contra vazamentos de lixiviados. Além disso, foi calculado o tamanho necessário de manta para cada vala do aterro, totalizando 43.812,00 m² para cobrir todas as 90 valas.

Para a drenagem superficial, utilizou-se o Método Racional para calcular a vazão a ser drenada pelo sistema. Com base nos dados obtidos pelo software Pluvio 2.1, foi determinada uma intensidade de chuva crítica de 135,68mm/h, e posteriormente calculada a vazão de 0,624 m³/s. O dimensionamento das canaletas de águas pluviais foi realizado com base na Equação de Chézy-Manning, resultando em dimensões de 0,20m x 0,10m para base e altura das canaletas.

Para a drenagem e tratamento de lixiviados, o dimensionamento dos drenos cegos foi feito aplicando a Lei de Darcy, com diâmetros calculados para o sistema primário e secundário. Além disso, o sistema de tratamento de lixiviados foi projetado com base na coleta a cada 2 meses, com um poço de armazenamento de lixiviado com dimensões calculadas para acomodar o volume acumulado. Para a drenagem e tratamento de gases, foram previstos drenos verticais de tubos de PEAD ligados ao sistema de drenagem de lixiviados, com raio de ação de 20m e revestidos com brita para evitar obstruções. Essas medidas visam garantir a eficiência e segurança do aterro sanitário de Sandolândia.

Foi determinada a implementação de uma barreira física de arame farpado e uma cerca viva para isolar o aterro sanitário de Sandolândia, conforme recomendação da NBR 15.849 (ABNT, 2010). A operação do aterro inicia com a coleta diária dos RSU, sem compactação, e a coleta de resíduo de construção civil e galhadas três vezes por semana. Os resíduos são inspecionados visualmente antes do descarte nas valas. A disposição dos RSU segue as normas da ABNT, com abertura e preenchimento das valas seguindo uma sequência específica. A compactação pode ser manual ou com compactador mecânico de pequeno porte, e as camadas de cobertura são aplicadas para evitar o carreamento de particulado e proliferação de vetores. O projeto gráfico do aterro, incluindo acesso, isolamento, rede de drenagem e detalhamento das valas, está apresentado no Apêndice e também pode ser consultado no link: <https://drive.google.com/file/d/1SKrnqGDwbDILV4dSISTNmou4Gz14bLZU/view>

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implantação de um aterro sanitário em um município de pequeno porte enfrenta diversos obstáculos. A falta de recursos financeiros adequados limita a capacidade de investimento necessário para construir e operar o aterro. Além disso, a escassez de pessoal técnico qualificado dificulta o planejamento e a execução do projeto. Encontrar uma área de terra adequada e lidar com a resistência da comunidade local são desafios adicionais. A burocracia envolvida na obtenção de licenças e na conformidade com regulamentos ambientais é muitas vezes complexa para esses municípios. Simplificações regulatórias, como as apresentadas na NBR 15.849 (ABNT, 2010) facilitam o processo de licenciamento e operação, especialmente para municípios de pequeno porte.

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. A transformação de um lixão em um aterro sanitário é muito mais do que uma simples mudança de localização de resíduos sólidos urbanos (RSU), mas um marco significativo para a comunidade local, marcando uma transição vital para um futuro mais limpo, saudável e sustentável. Este empreendimento não apenas reflete um compromisso com o meio ambiente, mas também traz consigo uma série de outros benefícios para a região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

ABNT____. NBR 10.004: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT____. NBR 8.419: Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos urbanos sólidos. Rio de Janeiro, 1992.

ABNT____. NBR 13.896: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ABRELPE: Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo, 2022.

BOSCOV, M. E., Geotecnia Ambiental. Editora Oficina de Textos, 2005.

CLIMATEMPO. Climatologia e histórico de previsão do tempo em Sandolândia, BR. Disponível em: < [<Climatologia - Sandolândia - BR \(climatempo.com.br\)>](http://Climatologia - Sandolândia - BR (climatempo.com.br)) Acesso em: 03 de julho de 2024.

GOVERNO DO ESTADO DO TOCANTINS. Perfil socioeconômico dos municípios do Tocantins – Sandolândia. Edição 2013. Disponível em: < central3.to.gov.br/arquivo/227309/> Acesso em: 03 de julho de 2024.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Primeiros Resultados de População do Censo Demográfico 2022. Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2022/Populacao_e_domicilios_Primeiros_resultados/Resultados_da_2a_apuracao_20231027/POP2022_Municipios_Primeiros_Resultados_20231222.pdf Acesso em: 07 de dezembro de 2023.

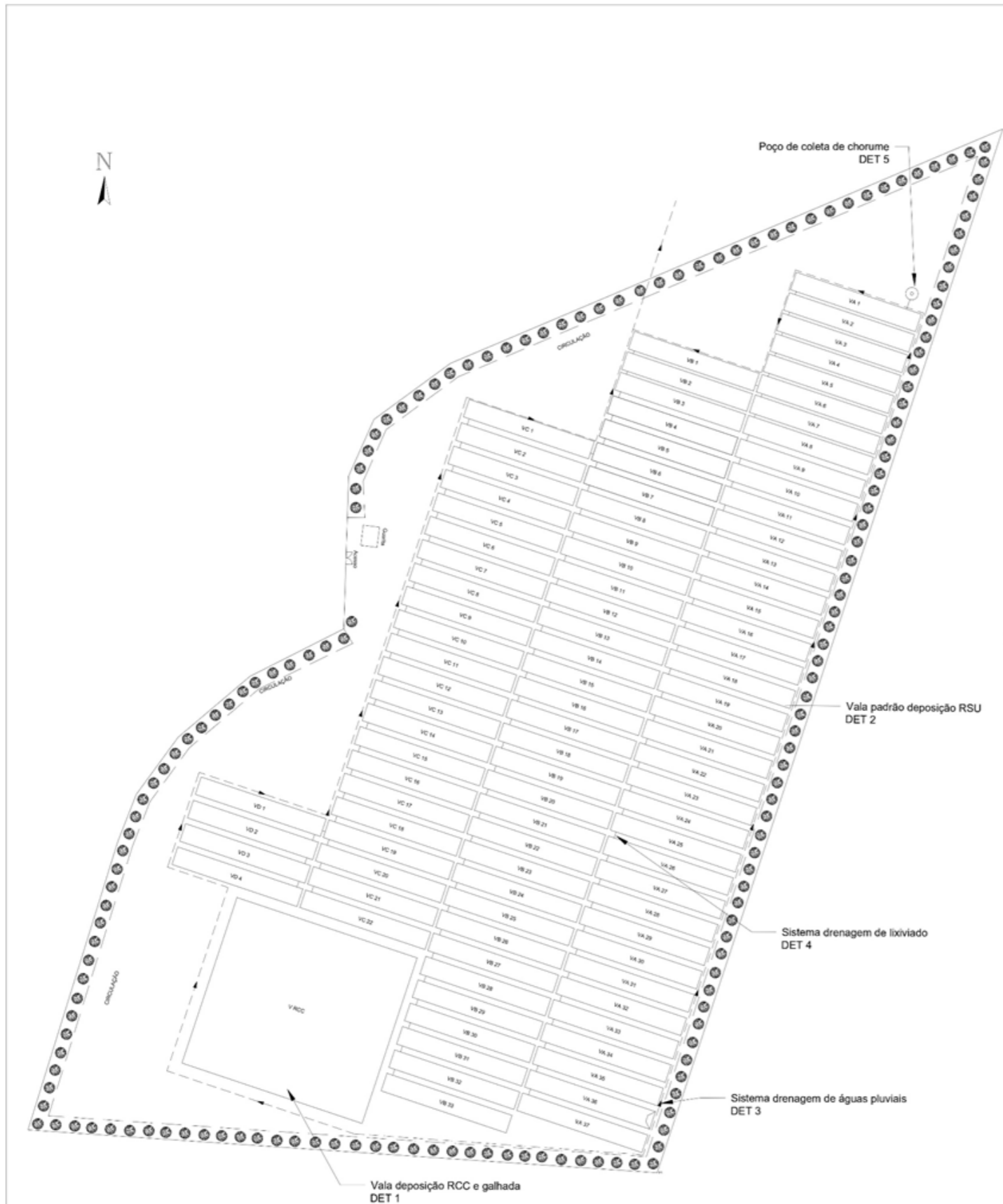
IBGE____. Panorama. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/sandolandia/panorama>. Acesso em: 07 de dezembro de 2023.

FILHO, A. M. C., BARROS, C. O. CHUMAN, T. F. Proposta de dimensionamento de aterro sanitário para o município de Viana. Atenas Maranhense, 2017.

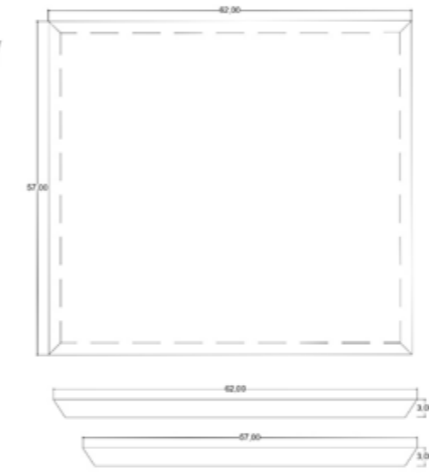
LOPES, E. B. Aterro sanitário: proposta para substituir lixões nas cidades com até 100.000 habitantes. Dissertação Mestrado – Universidade Federal do Pará. Belém, 2016.

- 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, J. H. P et al. Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.
- QUEIROZ J. H. M., FILHO J. L. O. P. Desafios dos municípios brasileiros de pequeno porte para atendimento à Lei N° 12.305/2010. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Jandaia-GO, v.19 n.41; p. 47. 2022.

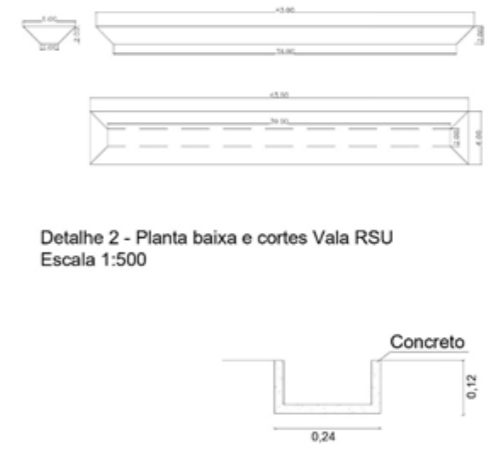
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



Planta baixa Layout Aterro Sanitário
 Escala 1:1000



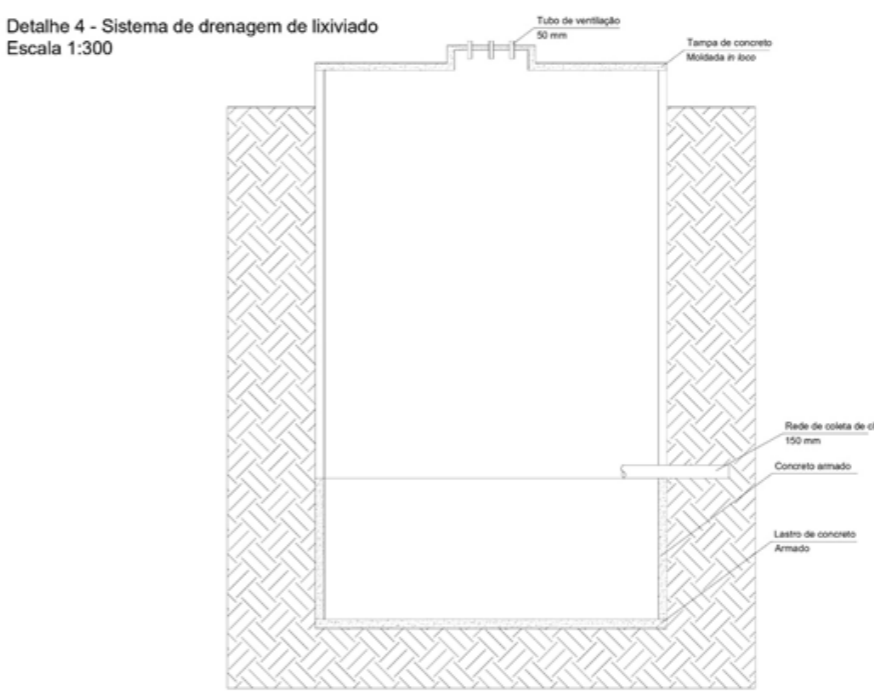
Detalhe 1 - Planta baixa e cortes Vale RCC e galhadas
 Escala 1:750



Detalhe 2 - Planta baixa e cortes Vale 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: INDICADA
Aluno (a): Sarah Cortez Brito	Unidade: METROS
Orientador (a): Kárita Alves	
Coorientador (a): Camila Ribeiro	

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION