

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2024/383

Caracterização dos Solos das Camadas de Base e Cobertura do Aterro Sanitário de Salgueiro-PE

Gustavo Ribeiro da Silva

Mestre em Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba-UFPB, João Pessoa-PB, Brasil,
gustavo.ribeiro@academico.ufpb.br

Raliny Mota de Souza Farias

Professora Doutora, Universidade Federal do Vale do São Francisco-UNIVASF, Juazeiro-BA, Brasil,
raliny.mota@univasf.edu.br

RESUMO: O aumento de resíduos sólidos urbanos descartados e seus possíveis métodos de disposição final representam uma problemática na gestão dos municípios. Os aterros sanitários se apresentam como solução geotécnica adequada, por confinarem os rejeitos urbanos sob camadas de solo impermeabilizantes, garantindo assim, que a degradação ao longo do tempo ocorra sem danos ao meio ou a saúde da população. No intuito de verificar o comportamento e a segurança desse tipo de obra, o presente estudo buscou analisar as propriedades dos solos empregados nas camadas de base e cobertura do aterro sanitário de Salgueiro-PE. Utilizando como metodologia a realização de ensaios laboratoriais de caracterização física, compactação, e adensamento, e ainda verificando a influência desses parâmetros nas condições de percolação *in situ*. Em laboratório, constatou-se que os solos apresentaram baixos potenciais de deformação vertical, variando de 5 a 7%, sendo classificados como argilosos de baixa compressibilidade. Baseando-se nos resultados mecânicos, presumiu-se que em campo haja boa resistência à infiltração de águas pluviais, assim como baixa percolação do lixiviado no interior das células. Porém, a ausência de equipamentos de qualidade no controle e monitoramento de recalques e permeabilidade *in loco*, pode comprometer as previsões de capacidade e tempo de vida útil do aterro.

PALAVRAS-CHAVE: Aterro de resíduos sólidos urbanos, caracterização dos solos, Sertão de Pernambuco.

ABSTRACT: The increase in discarded urban solid waste and its possible final disposal methods represent a problem in municipal management. Sanitary landfills present themselves as an adequate geotechnical solution, as they confine urban waste under layers of waterproofing soil, thus ensuring that degradation over time occurs without harm to the environment or the health of the population. In order to verify the behavior and safety of this type of work, this study sought to analyze the properties of the soils used in the base and cover layers of the Salgueiro-PE landfill. Using the methodology of carrying out laboratory tests for physical characterization, compaction, and consolidation, and also verifying the influence of these parameters on *in situ* percolation conditions. In the laboratory, it was found that the soils had low potential for vertical deformation, ranging from 5 to 7%, being classified as clayey with low compressibility. Based on the mechanical results, it was assumed that in the field there is good resistance to infiltration of rainwater, as well as low percolation of leachate inside the cells. However, the absence of quality equipment to control and monitor settlements and permeability *in situ* can compromise the capacity predictions and useful life of the landfill.

KEYWORDS: Urban solid waste landfill, soil characterization, hinterland of Pernambuco.

1 INTRODUÇÃO

A problemática em torno dos resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil vem ganhando cada vez mais discussões pertinentes que evidenciam aumentos recorrentes no descarte de resíduos, devido, dentre outros aspectos, ao crescimento populacional nos centros urbanos e proximidades, e à crescente globalização, que amplia a demanda de bens e serviços, fomentando um consumismo acentuado. Observa-se cada vez mais a

importância quanto à gestão eficaz de resíduos sólidos, e atesta-se que aterros sanitários, quando operados adequadamente de acordo com critérios técnicos, são em algumas regiões brasileiras, os destinos mais economicamente viáveis e ambientalmente corretos para os materiais não aproveitados, devido ao país ser marcado por grande extensão territorial, com disponibilidade de área para obras desse porte, e pela falta de investimentos em alternativas mais tecnológicas para o tratamento final de RSU.

O município de Salgueiro, localizado na Mesorregião do Sertão Pernambucano, é um dos sete municípios que compõem a Microrregião de Salgueiro, e possui, de acordo com dados do IBGE (2021), uma população estimada de 62.327,0 habitantes e uma extensão territorial de aproximadamente 1.678,564 km². A implantação de um aterro sanitário no município, a partir de 2005, configurou um avanço socioambiental extremamente relevante para o sertão do estado, sendo atualmente destino final dos resíduos sólidos gerados no próprio município de Salgueiro, além de Cedro, Exu, Flores, Mirandiba, Orocó, Santa Cruz da Baixa Verde, São José do Belmonte, Serra Talhada, Terra Nova, Triunfo e Verdejante, que juntos representam uma população com cerca de 326.220,0 habitantes, destinando aproximadamente 130 toneladas de resíduos por dia ao aterro.

Apesar dessa grande atuação, o aterro de Salgueiro ainda opera com considerados déficits de dados técnicos e de monitoramento, não realizando por exemplo, monitoramento de recalques e de percolação in situ, e com ausência de parâmetros referentes ao comportamento mecânico dos solos utilizados, sendo esta uma das principais razões que evidenciam a importância da realização deste estudo.

De acordo com Jorge, Baptisti & Gonçalves (2004), o monitoramento de aterros sanitários é importante, pois possibilita o acompanhamento de seu desempenho geotécnico e ambiental, permitindo a identificação ao longo do tempo, da necessidade de alterações no padrão de comportamento previsto, além da proposição de medidas de prevenção e correção em eventuais problemas. A necessidade de se estudar a operacionalidade de aterros sanitários, analisando suas propriedades, se evidencia principalmente devido às mudanças diárias no comportamento do maciço, em decorrência das características mecânicas das camadas do solo, da deficiência na compactação, da heterogeneidade, gravimetria e volumetria dos resíduos, além da biodegradação dos orgânicos.

Ensaio de adensamento possibilitam verificar em laboratório, os potenciais de deformação vertical dos solos, auxiliando na análise dos recalques que ocorrem in situ. Tais parâmetros em conjunto aos ensaios de caracterização física e de compactação, podem direcionar à compreensão das condições de percolação, que atestam a capacidade de infiltração de águas pluviais e lixiviação no interior das células do aterro, característica essa diretamente relacionada ao tipo de solo, fração de finos existentes e ao índice de vazios.

Diante do contexto apresentado, este trabalho teve como objetivo analisar as propriedades dos solos utilizados nas camadas de base e cobertura do aterro sanitário de Salgueiro-PE, por meio da realização de ensaios laboratoriais de caracterização física, compactação, e adensamento, e ainda verificar a influência que esses parâmetros causam nas condições de percolação, analisando essas características em conjunto a informações do banco de dados da Agência Estadual de Meio Ambiente – CPRH, tais como, o quantitativo de resíduos depositados mensalmente no aterro, para verificar a relação do seu comportamento com a capacidade de armazenamento ao longo do tempo.

2 METODOLOGIA

A pesquisa realizada contou com uma abordagem metodológica de cunho quali-quantitativo, uma vez que foram realizadas análises a partir de parâmetros documentais sobre a dinâmica de funcionamento do aterro sanitário de Salgueiro, assim como dados através da realização de ensaios laboratoriais.

2.1 Área de estudo

O aterro sanitário estudado localiza-se a 6 km ao sul do município de Salgueiro/PE, apresentando distanciamento adequado em relação ao perímetro urbano da cidade, característica obrigatória para evitar riscos à saúde da população. O aterro possui uma extensão territorial de 21 hectares, e está inserido nas coordenadas geográficas 08°06'43" de latitude Sul e 39°07'08" de longitude Oeste, com uma altitude média de 445 metros acima do nível do mar (Figura 1).

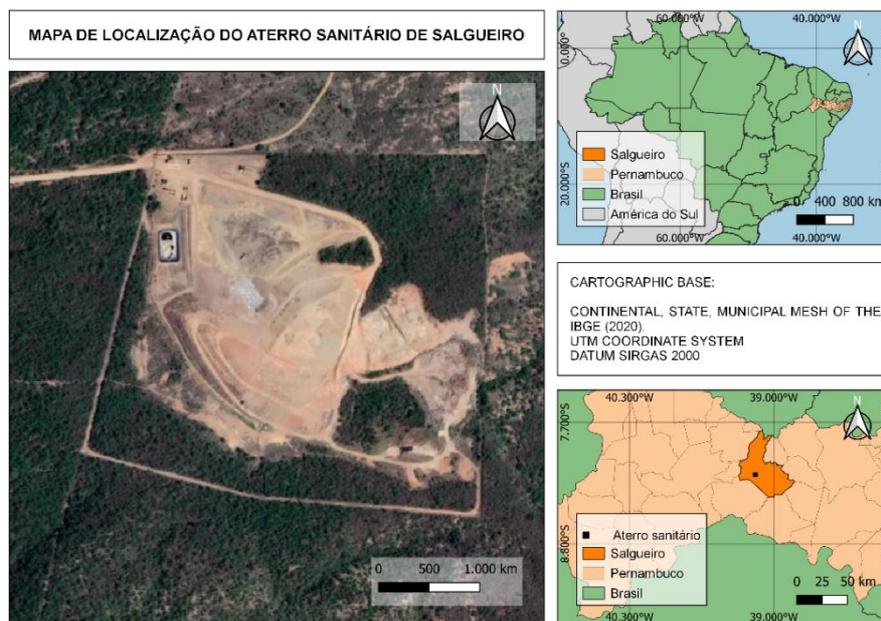


Figura 1. Mapa de localização do aterro sanitário de Salgueiro. Fonte: Autores (2021)

Para acompanhamento do comportamento *in loco* observou-se que o processo de tratamento de RSU se inicia com a chegada do material e a realização de pesagens, após este procedimento os resíduos são transportados até as células, espalhados e compactados. Em seguida, realiza-se a deposição e compactação da camada de solo, recobrando os materiais descartados.

Atualmente, o aterro atende doze municípios pertencentes às Mesorregiões do Sertão Pernambucano e do São Francisco Pernambucano, mais especificamente das Microrregiões de Salgueiro, do Pajeú, de Araripina e de Petrolina, como encontra-se evidenciado na Figura 2.



Figura 2. Municípios que destinam resíduos ao aterro sanitário de Salgueiro. Fonte: IBGE – Adaptado (2014)

Os municípios de Salgueiro e Serra Talhada representam a maior quantidade de resíduos recebidos, cuja média mensal de deposição é de 30,37% e 32,07% respectivamente. Os demais municípios apresentam médias inferiores a 10% CPRH (2021).

Os líquidos percolantes são coletados no interior das células e transportados até uma lagoa de acumulação, onde são gradativamente evaporados, isso acontece devido ao município estar inserido em uma região que, de acordo com Alvares et. al (2013) através da classificação climática Köppen-Geiger, apresenta majoritariamente clima semiárido, com elevadas temperaturas, altas taxas de radiação solar, elevados índices de evapotranspiração, e baixos níveis de precipitação pluviométrica (EMBRAPA, 2018).

2.2 Coleta das amostras e ensaios laboratoriais

Os solos utilizados nas camadas de base e cobertura são extraídos diariamente de uma jazida localizada dentro do próprio aterro sanitário, que dista aproximadamente 250,0 m do maciço, devido à disponibilidade de material e facilidade na operacionalização, evitando assim transporte de solo de outros locais. Foram coletadas amostras deformadas, segundo as determinações da NBR 9604 (ABNT, 2016), dos dois tipos de solo identificados na jazida inserida dentro do aterro sanitário, sendo o primeiro identificado como Solo 1, apresentando coloração mais avermelhada, e o segundo identificado como Solo 2, com uma coloração mais terrosa. As amostras foram levadas para o Laboratório de Mecânica dos Solos.

Todos os procedimentos laboratoriais foram aplicados aos dois tipos de solo (1 e 2), empregando as determinações das normas de cada ensaio, e realizando adaptações quando necessárias. Primeiramente, foram realizadas as preparações das amostras, para os ensaios de compactação e de caracterização física, a partir da NBR 6457 (ABNT, 2016). Os ensaios de massa específica seguiram a NBR 6458 (ABNT, 2017), no qual o método empregado foi a verificação da massa específica dos grãos passantes na peneira de abertura 4.8mm. As análises granulométricas foram realizadas seguindo as recomendações da NBR 7181 (NBR, 2018), onde foram utilizados os procedimentos de peneiramento e sedimentação, devido à prévia identificação da grande quantidade de finos nos solos.

Os ensaios dos limites de liquidez e plasticidade foram realizados segundo a NBR 6459 (ABNT, 2017) e NBR 7180 (ABNT, 2016), respectivamente. Através dos parâmetros obtidos foi feita a classificação dos materiais pelo Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS).

A determinação do peso específico aparente seco máximo e da umidade ótima, para cada solo, foi feita através da realização do ensaio de compactação, sendo obedecidas todas as determinações da NBR 7182 (ABNT, 2016). A Figura 3 ilustra a realização de todos os ensaios.

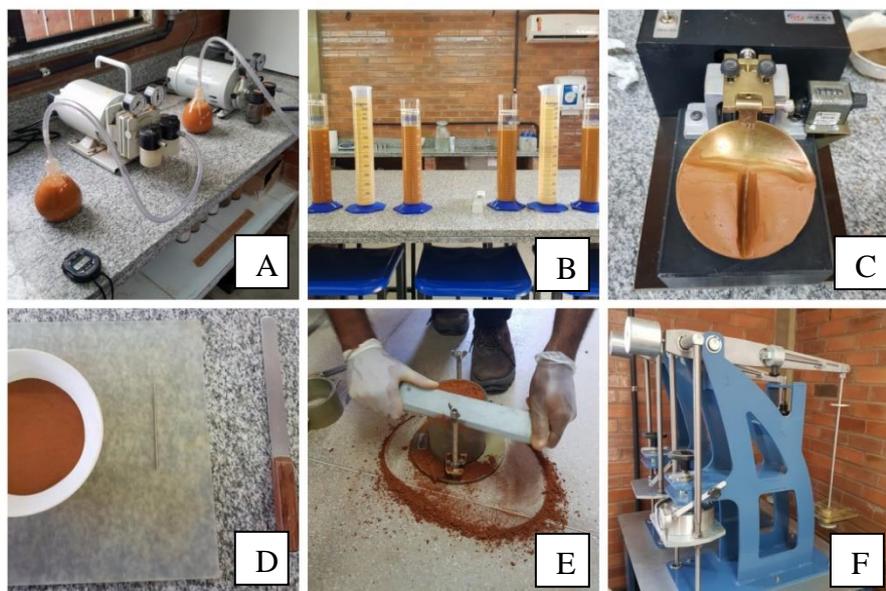


Figura 3. A: Massa específica. B: Análise granulométrica. C: Limite de liquidez. D: Limite de plasticidade. E: Compactação. F: Adensamento. Fonte: Autores (2021)

Para a verificação dos potenciais de deformação vertical, foram utilizadas amostras compactadas em laboratório, onde a moldagem foi feita a partir de corpos de prova cilíndricos de solo, também Proctor normal, e as amostras foram compactadas nas umidades ótimas correspondentes, parâmetros esses determinados no ensaio de compactação. A realização de ensaios utilizando amostras compactadas em laboratório simula a disposição das camadas *in situ*, onde os solos não são tratados *in natura*, são escavados e transportados da jazida até as células de RSU, alterando sua estrutura original para atingir a compactação desejada. A Figura 3 ilustra a realização dos ensaios citados.

Dessa forma, os ensaios edométricos seguiram a NBR 16853 (ABNT, 2020), com adaptações no que tangencia a inundação das células, para representação do ensaio de adensamento. As inundações foram

realizadas após a estabilização das tensões de pré-adensamento, equivalentes a 5KPa, onde os estágios de carregamento foram feitos até as tensões de 640KPa, utilizando o anel de 8cm de diâmetro, e posteriormente foram realizados os estágios de descarregamento.

2.3 Estimativa de vida útil do aterro sanitário

Foi disponibilizado pela CPRH o quantitativo médio de RSU que chega mensalmente ao aterro sanitário e, através do emprego de georreferenciamento, realizou-se o mapeamento das condições atuais do local, a fim de estabelecer a área ainda disponível para recebimento de resíduos, e com isso estimar a vida útil do aterro, relacionando os anos de atividade, o total de rejeitos e o quantitativo de área totalmente ocupada.

3 RESULTADOS

Por meio da realização dos ensaios laboratoriais, foram obtidas informações para a compreensão das características mecânicas das camadas de base e cobertura do aterro sanitário de Salgueiro.

3.1 Ensaios laboratoriais

3.1.1 Caracterização física e compactação

A caracterização foi iniciada pelo ensaio de massa específica dos grãos, cujo índice é considerado insuficiente para determinação do tipo de solo, mas é muito importante para obtenção dos demais parâmetros. Logo, para o solo 1 foi encontrado um valor equivalente a $2,76\text{g/cm}^3$, já para o solo 2 um valor de $2,83\text{g/cm}^3$. Os parâmetros encontrados se enquadram no esperado para solos argilosos, que equivalem normalmente a números entre $2,75$ e $2,90\text{g/cm}^3$, esses tipos de solo possuem uma elevada quantidade de poros, porém muitos pequenos que condicionam uma baixa permeabilidade.

Os ensaios de análise granulométrica, com uso de defloculante, indicaram que os dois solos estudados se configuram como argila arenosa com presença de pedregulho e silte. O solo 1 possui uma fração de 58,4% de argila, 5,6% de silte, 23,1% de areia fina, 3,9% de areia média, 3,3% de areia grossa e 5,7% de pedregulho, já o solo 2 apresenta uma parcela de argila equivalente a 39,8%, uma fração de 6,3% de silte, 29,9% de areia fina, 7,9% de areia média, 4,3% de areia grossa e 11,8% de pedregulho.

Os solos empregados em aterros sanitários, para as camadas de base e cobertura, devem ser solos finos, de acordo com a NBR 8419 (ABNT, 1996), logo, os dois solos utilizados no aterro apresentaram granulometrias dentro dos parâmetros esperados, porém, em um deles há um quantitativo mais expressivo de grossos, que pode condicionar aumento de vazios e aumentar a permeabilidade. Sendo possível afirmar que em termos granulométricos o solo 1 se apresentou mais favorável a resistir à percolação.

Nos ensaios de plasticidade para o solo 1, alcançou-se um LL equivalente a 50%, e um LP igual a 35%, gerando um IP de 15%, indicando uma plasticidade elevada. O solo 2 apresentou um LL de 38%, LP de 25%, e um IP igual a 13%, sendo considerado um solo medianamente plástico, de acordo com a classificação Jenkins (CAPUTO, 2015). A partir dos resultados obtidos pelos ensaios de caracterização física, realizou-se a classificação dos solos, utilizando o SUCS, no qual atestou-se que ambos se tratam de argilas de baixa compressibilidade.

Através da realização dos ensaios de compactação, foram encontrados para o solo 1 um peso específico aparente seco máximo ($\gamma_{dm\text{max}}$) equivalente a $1,50\text{g/cm}^3$ e uma umidade ótima igual a 22,1%, para o solo 2 foi encontrado um $\gamma_{dm\text{max}}$ de $1,66\text{g/cm}^3$, e uma umidade ótima de 21%. Tal característica é importante, não só para suporte em aterros sanitários, mas para qualquer obra geotécnica, pois a compactação representa um fator diretamente relacionado às condições de permeabilidade e deformações verticais, fornecendo, quando bem executada, uma melhor resistência ao solo.

Todos os parâmetros referentes aos ensaios de compactação e caracterização física, estão evidenciados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros de caracterização física e compactação.

	SOLO 1	SOLO 2
Massa Específica (g/cm³)	2,76	2,83
Análise granulométrica	Argila (%)	58,4
	Silte (%)	5,6
	Areia fina (%)	23,1
	Areia média (%)	3,9
	Areia grossa (%)	3,3
	Pedregulho (%)	5,7
Limite de Liquidez - LL (%)	50	38
Limite de Plasticidade - LP (%)	35	25
Índice de Plasticidade - IP (%)	15	13
Compactação	$\gamma_{dm\acute{a}x}$ (g/cm ³)	1,5
	Umidade ótima (%)	22,1

Fonte: Autor (2021)

3.1.2 Ensaio edométricos

Os resultados obtidos através da realização dos ensaios edométricos representaram informações relevantes no estudo da geomecânica dos aterros, onde os solos devem apresentar baixos índices de movimentações verticais, pois os rejeitos já são responsáveis por uma parcela significativa dos recalques, por diminuir muito de volume ao entrarem em processos de decomposição (Catapreta & Simões, 2016).

Para o solo 1 foram encontrados um índice de vazios inicial equivalente a 0,84, um índice de compressão igual a 0,14 e índice de descompressão correspondente a 0,006, apresentando uma deformação vertical de 7%. Para o solo 2, obteve-se um índice de vazios inicial de 0,81, um índice de compressão equivalente a 0,15 e um índice de descompressão de 0,012, possuindo uma movimentação vertical de 5%. Esses percentuais indicam a redução de volume que as amostras sofreram, a partir do volume inicial, após a aplicação das cargas, como mostra a Figura 4.

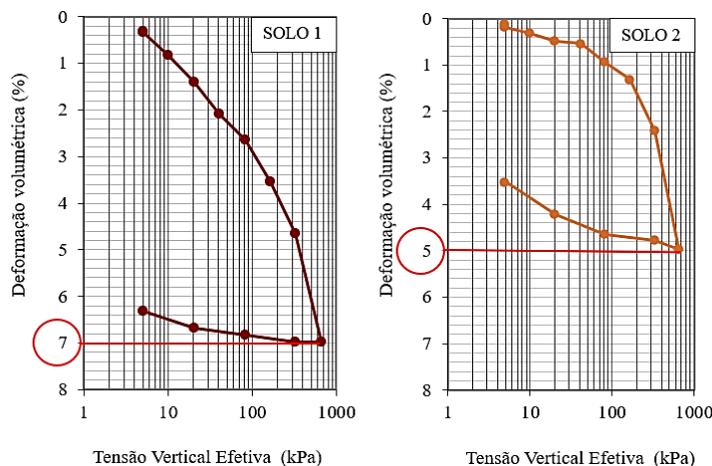


Figura 4. Curvas de adensamento dos solos 1 e 2. Fonte: Autores (2021)

No aterro sanitário de Salgueiro, a cada 5m de camada de resíduos é aplicado 0.50m de camada de solo, assim direciona-se à compreensão de que essas camadas de solo podem recalcar ao longo do tempo, os referidos percentuais obtidos em laboratório, ou seja, podem reduzir 5 ou 7% da altura inicial (0.50m), dependendo do tipo de solo utilizado.

Observou-se que solo 2 apresentou uma menor deformação vertical, possivelmente em decorrência da presença de uma maior parcela de areia e pedregulho, evidenciando um alto índice de compactidade, influenciando diretamente no aumento da resistência à deformação.

Os solos ensaiados apresentaram baixos potenciais de deformação vertical, corroborando com as classificações realizadas através do SUCS para solos argilosos de baixa compressibilidade. Através desses

parâmetros, observou-se que o emprego dos dois tipos de solo, no que diz respeito às deformações verticais, encontram-se em conformidade com os critérios estabelecidos pela norma de operacionalização de aterros sanitários.

3.2 Análise das condições de monitoramento do aterro

Conforme dados coletados, o aterro estudado apresentou ausência de monitoramento dos recalques *in situ*, esse fator pode impossibilitar a previsão de problemas futuros relacionados à estrutura das células, e consequentemente à correção em tempo hábil de falhas operacionais.

Segundo a CPRH (2021), a permeabilidade não é monitorada *in situ*, em decorrência da localização geográfico-climatológica do aterro sanitário de Salgueiro, que por estar situado em pleno Sertão Central Pernambucano, região que apresenta baixos índices de precipitação pluviométrica, não gera preocupações quanto ao controle da percolação. De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2021), o município de Salgueiro possui uma temperatura média anual de 25,9°C, uma taxa média de precipitação anual equivalente a 618,0mm, e um índice de evapotranspiração real correspondente a 540,0mm, ou seja, aproximadamente 87% do volume de água precipitada, evapotranspira ao longo do ano. É possível observar na Figura 5 a atual operacionalização no aterro sanitário, onde há apenas sistema de pesagem dos resíduos, dreno de gases e coleta dos lixiviados.



Figura 5. A: Pesagem dos resíduos sólidos urbanos. B: Células de RSU. C: Dreno para queima do biogás. D: Lagoa de tratamento de lixiviados. Fonte: Autores (2021)

A partir da interpretação dos dados laboratoriais, observou-se que os dois solos apresentam vavorável a impermeabilização devido ao seu teor de finos, dificultando o transporte de águas pluviais e lixiviados, sendo o solo 1 mais aplicável que o solo 2 quanto a esses critérios. Quanto a deformação através do ensaio de adensamento, o solo 2 pode ter demonstrado índices melhores devido à compacidade dos grossos presentes em sua estrutura.

3.2 Estimativa da vida útil

A quantidade média de resíduos sólidos que são depositados mensalmente no aterro corresponde ao equivalente a 3.747,59 toneladas. Utilizando georreferenciamento por meio do software livre QGIS, foi realizado a análise da evolução temporal desde 2005 até 2021 (Figura 6).

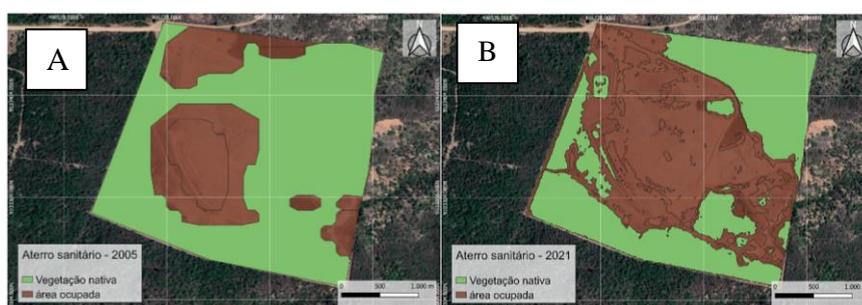


Figura 6. A: Levantamento da área disponível – 2005. B: Levantamento da área disponível – 2021.

Com o exposto, foi possível verificar que do total de área do aterro, atualmente encontram-se disponíveis 9,06 hectares para deposição de RSU. Assim, estimou-se mais 16 anos de operação, logo, o aterro poderá encerrar suas atividades em 2034, se a média mensal de deposição de resíduos permanecer constante.

4 CONCLUSÕES

Sobre o comportamento físico e mecânico do maciço do aterro sanitário municipal de Salgueiro concluiu-se que os solos utilizados nos processos de cobertura dos resíduos apresentam índices favoráveis à impermeabilização e baixos potenciais de movimentações verticais, se configurando como solos argilosos de bom desempenho geotécnico para aplicação em aterro sanitário.

Observou-se também, que mesmo com esses parâmetros aceitáveis, o aterro apresenta falhas de monitoramento *in situ*, que não impactam gravemente a área devido às condições climatológicas do Sertão Pernambucano, fazendo com que os lixiviados sejam apenas evaporados, não aplicando nenhum outro equipamento de drenagem nas células de RSU, como deve ocorrer em aterros sanitários.

Em suma, os dados obtidos podem se tornar uma ferramenta para o aprimoramento da gestão e do monitoramento geotécnico do aterro de Salgueiro, surtindo-se a realização de análises de permeabilidade *in situ*, através de Permeâmetro de Guelph, visando obter o comportamento da percolação no referido aterro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares, C.A., J.L. Stape, P.C. Sentelhas, J.L.M. Gonçalves, (2013) *Modeling monthly mean air temperature for Brazil*. – Theor. Appl. Climatol. 113, 407–427.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas- ABNT (2020) NBR 16853: *Solo — Ensaio de adensamento unidimensional*. Rio de Janeiro.
- _____ (2016) NBR 6457: *Amostras de solo — Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização*. Rio de Janeiro.
- _____ (2017) NBR 6458: *Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água*. Rio de Janeiro.
- _____ (2017) NBR 6459: *Solo - Determinação do limite de liquidez*. Rio de Janeiro.
- _____ (2016) NBR 7180: *Solo - Determinação do limite de plasticidade*. Rio de Janeiro.
- _____ (2018) NBR 7181: *Solo - Análise granulométrica*. Rio de Janeiro.
- _____ (2020) NBR 7182: *Solo – Ensaio de compactação*. Rio de Janeiro.
- _____ (1996) NBR 8419: *Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos – Procedimento*. Rio de Janeiro.
- _____ (2016) NBR 9604: *Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas — Procedimento*. Rio de Janeiro.
- Caputo, H. P. (2015) *Mecânica dos solos e suas aplicações*. Rio de Janeiro, LTC, 272 pp.
- Catapreta, C. A. A., Simões, G. F. (2016) *Monitoramento ambiental e geotécnico de aterros sanitários*. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental – CONGEA. Campina Grande, Paraíba.
- CPRH, Agência Estadual de Meio Ambiente. (2021) *Situação Geral do Estado de Pernambuco: Sertão Central*. Recife. Acesso em 26 de outubro de 2021, disponível em http://www.cprh.pe.gov.br/Controle_Ambiental/dados_sobre_residuos_solidos_de_pernambuco/situacao_geral_do_estado_de_pernambuco/sertao_central/44063%3B36988%3B48140110%3B0%3B0.asp.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2018) *Árvore do conhecimento: bioma caatinga*. Brasília. Acesso em 08 de agosto de 2021, disponível em http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/Abertura.html.

- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2021) *Cidades*. Rio de Janeiro. Acesso em 28 de março de 2021, disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/salgueiro/panorama>.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2014) *Pernambuco – Malha Municipal 2014*. Rio de Janeiro. Acesso em 14 de maio de 2021, disponível em <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa207428>.
- INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. (2021) *Balanço Hídrico Sequencial*. Brasília. Acesso em 27 de outubro de 2021, disponível em <http://sisdagro.inmet.gov.br/sisdagro/app/monitoramento/bhs>.
- Jorge, F. N., Baptisti, E., Gonçalves, A. (2004) *Monitoramento em aterros sanitários nas fases de encerramento e de recuperação: desempenhos mecânico e ambiental*. Seminário sobre resíduos sólidos – RESID. São Paulo, São Paulo.