XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.6/94

Estudo Geoambiental e Avaliação da Proposta de Reabilitação: O Caso do Aterro Controlado em Santa Luzia/MG

Raquel Cristina de Souza Otone
Graduanda em Engenharia Civil, UFMG, Belo Horizonte, Brasil, raquelsouzac18@gmail.com

Diogo Reis Passos Sana Morais
Graduando em Engenharia Civil, UFMG, Belo Horizonte, Brasil, diogosanna@gmail.com

Rosa Maria Matos Aguiar
Graduanda em Engenharia Civil, UFMG, Belo Horizonte, Brasil, rosamariamatosagui@gmail.com

Emanuelle Vitoria Menezes Magalhães
Graduanda em Engenharia Civil, UFMG, Belo Horizonte, Brasil, emanuellemagalhaes414@gmail.com

Gustavo Ferreira Simões
Professor, UFMG, Belo Horizonte, Brasil, gustavo@desa.ufmg.br

RESUMO: O licenciamento ambiental de aterros sanitários exige a apresentação de informações relativas ao projeto, implantação, operação, monitoramento, plano de encerramento e uso futuro da área após o término de sua vida útil. O aterro sanitário analisado neste estudo, localizado no município de Santa Luzia (MG), atendeu a essas exigências durante a fase de concepção e solicitação das licenças ambientais. Entretanto, ao longo de sua vida útil, diversas alterações foram propostas e submetidas aos órgãos ambientais. A análise do histórico do empreendimento no Sistema Integrado de Informação Ambiental de MG revelou incompatibilidades entre as intervenções executadas e o projeto original aprovado. Este trabalho apresenta um estudo geoambiental com o objetivo de avaliar a condição atual do aterro em comparação ao projeto inicial, incluindo a verificação da implantação e do desempenho de elementos essenciais ao encerramento, com destaque para a camada de cobertura final, os sistemas de drenagem interna e superficial, o isolamento físico da área e o programa de monitoramento ambiental. A avaliação, baseada em análise documental e visitas de campo, identificou potenciais riscos ambientais e socioeconômicos, incluindo exsudação de lixiviados, indícios de compactação inadequada, processos erosivos localizados e evidências de acesso de animais à área. Também é apresentada uma análise crítica das propostas de encerramento do empreendimento.

PALAVRAS-CHAVE: Aterros controlados, Resíduos Sólidos Urbanos, Recuperação de áreas degradadas, Diagnóstico geoambiental.

ABSTRACT: Environmental licensing of landfills requires the submission of technical information related to their design, construction, operation, monitoring, closure plan, and post-closure land use. The landfill analyzed in this study, located in Santa Luzia, Minas Gerais, Brazil, met these requirements during the environmental licensing process at the design stage. However, throughout its operational life, several modifications were proposed and submitted to environmental agencies. An analysis of its historical records in the Integrated Environmental Information System of Minas Gerais revealed multiple inconsistencies with the original design. This study presents a geoenvironmental assessment aimed at evaluating the current condition of the landfill in comparison with the original project. The analysis includes verification of the implementation and performance of essential closure components, such as the final cover system, internal and surface drainage structures, physical isolation measures, and the environmental monitoring program. Based on document analysis and field inspections, the assessment identified potential environmental and socioeconomic risks. The main issues observed include leachate seepage at multiple locations, evidence of inadequate waste compaction, localized erosion processes, and signs of animal access to the disposal area. A critical evaluation of the proposed closure measures is also presented, considering the geoenvironmental conditions of the site.

KEYWORDS: Controlled landfills, Municipal solid waste, Degraded area recovery, Geoenvironmental diagnosis.

1 INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010) traz como um de seus objetivos a disposição final ambientalmente correta de resíduos sólidos urbanos (RSU), que deve ocorrer de maneira organizada em aterros, seguindo normas técnicas e operacionais, com o propósito de reduzir impactos ambientais e proteger a saúde pública. Um aterro sanitário é, portanto, a técnica da engenharia para se dispor tais resíduos no solo, confinando-os e cobrindo-os com uma camada de terra a cada jornada de trabalho (ABNT, 1992).

Nessa perspectiva, essas estruturas são fundamentais para a manutenção dos centros urbanos e da vida em sociedade, proporcionando destinação final àqueles materiais cuja utilidade já foi esgotada e mantendo as cidades livres do acúmulo de lixo. Entretanto, caso os aterros não sejam bem projetados e/ou executados, sua função pode ser prejudicada e consequências socioambientais podem ser ocasionadas, tais como contaminação de corpos hídricos e favorecimento de ambientes favoráveis à proliferação de vetores de doenças.

Diante disso, toda a vida útil de um aterro sanitário deve seguir pré-requisitos para a garantia de sua função primordial, exigindo-se que seja bem projetado, executado e, ao final do cumprimento de seu papel, seja encerrado de maneira a preservar sua estanqueidade no ambiente.

Trabalhos como de Santos e Jucá (2023) e Silva *et al.* (2024) apresentam diagnósticos geoambientais realizados em dois lixões desativados no nordeste do Brasil, em Alagoas e na Bahia, apresentando levantamentos topográficos, estudos de parâmetros físico-químicos do solo e águas superficiais, análises de estabilidade de taludes, avaliação da drenagem superficial e monitoramento das estruturas, além da proposição de medidas à serem executadas a fim de viabilizar o correto encerramento dos empreendimentos. Essas obras demonstram a possibilidade de um eficiente gerenciamento de ambientes de disposição final de RSU e despertam alternativas para serem propostas a estruturas similares em outros locais.

À luz desses princípios, esse artigo versa sobre um diagnóstico geoambiental realizado no Aterro de RSU do Barreiro do Amaral, localizado no município de Santa Luzia/MG, desativado em 2018, bem como uma avaliação da proposta de reabilitação da área, realizada no ano de 2022 por meio de um Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD), com fim de validar as medidas propostas e analisar sua viabilidade e atendimento aos critérios necessários para um eficiente encerramento do empreendimento.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A abordagem adotada para a realização do estudo geoambiental contemplou a análise da área de estudo, a caracterização geral do local, o levantamento de dados regionais, a consulta a documentos técnicos e a realização de visitas técnicas para inspeção e avaliação visual da estrutura em análise.

As informações técnicas e dados utilizados neste estudo foram extraídas do Parecer Técnico DISAN nº 542423/2006 do Processo COPAM nº 00201/1990/005/2006 (DISAN, 2006), que constitui a principal fonte documental desta análise.

2.1 Área de Estudo

O aterro controlado em estudo localiza-se no município de Santa Luzia, Minas Gerais, na região do Barreiro do Amaral, a aproximadamente 27 km da capital do estado. O município possui área territorial de 235,079 km² e população estimada em 219.132 habitantes, segundo o Censo 2022 do IBGE.

A imagem aérea da área evidencia a configuração geométrica do maciço, a disposição dos taludes e sua inserção no relevo local (Figura 1). Verifica-se que a estrutura está implantada em área delimitada por talvegues adjacentes, com desenvolvimento longitudinal condicionado pela morfologia natural do terreno.



Figura 1. Vista atual do aterro.

Segundo entrevistas realizadas com moradores da região e servidores públicos vinculados à gestão municipal, a área funcionou como lixão entre 1992 e 2001, quando medidas operacionais adequadas tiveram início. A partir de 2005 a área começou a operar como aterro controlado, com os resíduos dispostos em células compactadas e cobertas com solo. O aterro teve suas atividades encerradas no ano de 2018. De acordo com DISAN (2006), o local recebia, durante sua operação, em média cerca de 80 t/dia de RSU.

2.2 Materiais Avaliados

Com o objetivo de compreender o histórico, a concepção e a evolução do aterro, foram analisados documentos técnicos e administrativos relacionados ao empreendimento, incluindo pareceres técnicos, termos de composição judicial e informações vinculadas ao processo de licenciamento ambiental.

Além disso, foram realizadas visitas técnicas à área, conversas com servidores públicos e levantamento aéreo por drone, os quais subsidiaram a compreensão da situação atual do local e a caracterização da morfologia e topografia do terreno.

2.3 Critérios de Avaliação

A avaliação da condição atual do aterro considerou a ocorrência de escorregamentos e processos erosivos, integridade dos sistemas de drenagem superficial e da camada de cobertura final, bem como indícios de exsudação de lixiviados.

A estabilidade dos taludes não pode ser avaliada, pois não foram obtidas informações sobre a topografia inicial, composição dos RSU, níveis internos de poro-pressões de líquidos e gases e dados sobre o processo de compactação utilizado.

3 RESULTADOS

3.1 Condições gerais

O mapa com curvas de nível permite analisar a compartimentação topográfica e a variação altimétrica do sítio (Figura 2). As curvas indicam a adaptação do corpo do aterro ao relevo preexistente, bem como os

gradientes associados aos taludes e às áreas adjacentes. O desnível máximo observado entre o topo do aterro e a região mais baixa, próxima ao Rio das Velhas (situado na porção norte da Figura 2) é de aproximadamente 80 m. Essa proximidade exige atenção ambiental, pois fluxos superficiais e subterrâneos podem representar aportes pontuais adicionais de contaminantes. Embora a qualidade do rio já se encontre comprometida por usos a montante, conforme relatórios do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), destaca-se a importância do monitoramento para avaliação de possíveis contribuições locais.

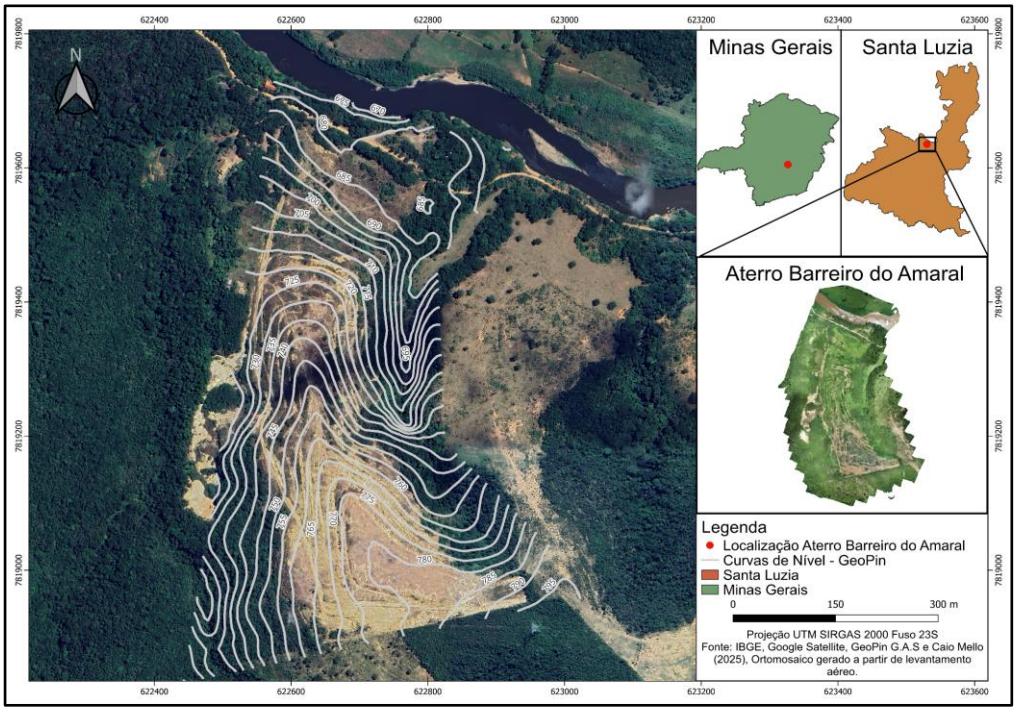


Figura 2. Curvas de nível da área do aterro.

3.2 Caracterização geotécnica do subsolo - Dados preexistentes

Como referência técnica, foram utilizados dados de investigações geotécnicas realizadas em setembro de 2005, constantes no parecer DISAN/2006, que contemplaram 16 sondagens SPT com profundidades de até 10,8 m, nas quais o subsolo foi descrito como composto por solo argiloso superficial, camada siltosa intermediária e filito muito alterado em profundidade, sem registro de nível d'água.

A partir dos valores de SPT, concluiu-se que a resistência da fundação, associada à altura prevista do aterro, seria suficiente para não condicionar possíveis superfícies de ruptura, motivo pelo qual foram dispensados ensaios de cisalhamento direto e adensamento, sob a justificativa de que os recalques seriam pouco significativos. Embora essas condições tenham sido consideradas satisfatórias pelos projetistas, não foram localizados documentos técnicos que evidenciem tais verificações.

Adicionalmente, também foram executados ensaios de granulometria, limites de consistência, umidade, compactação e permeabilidade. Na análise de condutividade hidráulica, resultados indicaram coeficientes da ordem de 10^{-4} cm/s (in situ) e entre $8{,}46 \times 10^{-7}$ e $7{,}38 \times 10^{-7}$ cm/s (laboratório) e essa divergência pode estar associada a fatores metodológicos e às próprias condições do maciço. Ensaios in situ tendem a captar a influência de heterogeneidades, fissuras e caminhos preferenciais de fluxo existentes no solo natural, o que pode resultar em coeficientes mais elevados, como os da ordem de 10^{-4} cm/s, compatíveis com materiais siltoso-arenosos, mais drenantes. Por outro lado, os ensaios laboratoriais, realizados em amostras coletadas, podem refletir de forma mais restrita a matriz do solo, além de estarem sujeitos a alterações decorrentes da amostragem, manuseio e recomposição do corpo de prova, contribuindo para valores significativamente menores, como os da ordem de 10^{-7} cm/s, característicos de solos argilosos, naturalmente mais impermeáveis.

3.3 Geometria e Inclinação dos taludes

Conforme o parecer DISAN/2006, a geometria projetada para o aterro previa 7 maciços, altura total de 38,35 m, taludes com inclinação 1:2,5 (V:H), ou 40%, e bermas de 4,0 m de largura. Entretanto, o Mapa de Declividade (Figura 3) e a vistoria de campo indicam que a configuração atual não mantém essa uniformidade. Na porção leste predominam classes ondulado (30% a 47%) e forte ondulado (47% a 100%), distribuídas de maneira irregular ao longo dos taludes, evidenciando ausência de padronização geométrica na disposição e conformação dos resíduos.

Na região central do aterro prevalecem declividades suaves (0 a 30%). Ainda assim, a presença de áreas com declividade superior a 40% demonstra a ocorrência de inclinações localmente mais elevadas que a prevista em projeto. Essa heterogeneidade pode estar relacionada a recalques diferenciais e/ou à falta de controle técnico nas etapas de alteamento, favorecendo concentrações de tensões e possíveis instabilidades localizadas, sobretudo sob a influência da água.

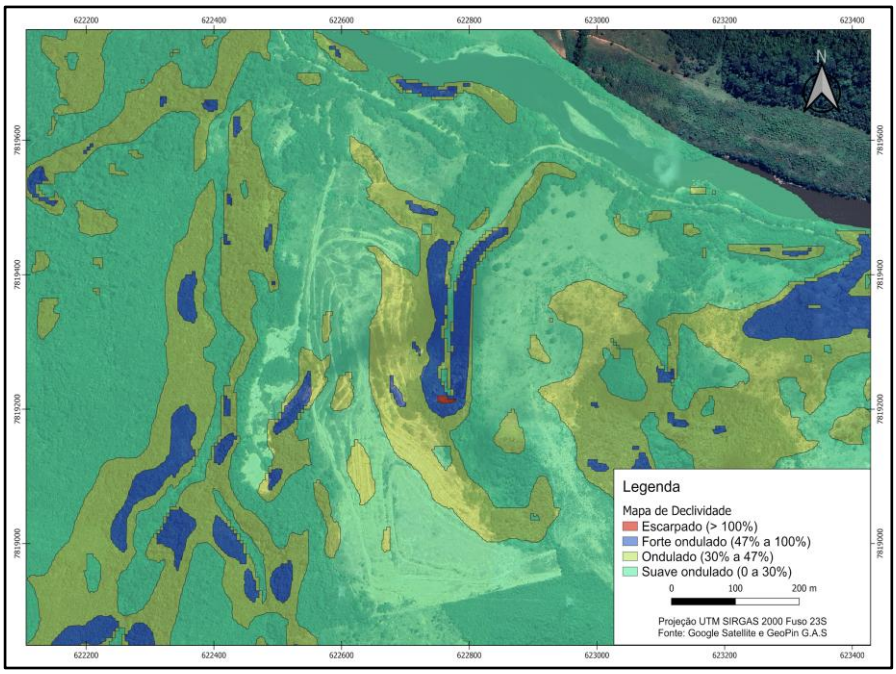


Figura 3. Mapa de declividade do aterro.

3.4 Manifestações de instabilidade superficial

Durante a inspeção de campo, conforme evidenciado nas imagens apresentadas (Figura 4), constataram-se erosões superficiais expressivas, com formação de ravinas profundas resultantes do escoamento concentrado, além de escorregamentos rasos e rupturas localizadas de talude, caracterizadas pela exposição de solo recentemente mobilizado e pela presença de cicatrizes de ruptura bem definidas. Observam-se ainda indícios de movimentação do maciço em setores específicos, evidenciados pela desagregação do material superficial e pela alteração da geometria original do talude.

Registrou-se também a ocorrência de vegetação arbórea arrancada e inclinada, com sistema radicular exposto, indicando deslocamento do material e perda de suporte superficial. Destaca-se que a presença de espécies vegetais de porte médio e principalmente com sistema radicular profundo, observada em diversos pontos da área, não é recomendada, pois compromete o desempenho da camada de cobertura final.

Ressalta-se que, embora distintos das instabilidades estruturais profundas do maciço, os processos erosivos identificados contribuem indiretamente para sua degradação, ao intensificar a remoção de material, favorecer a exposição de resíduos e potencializar a exsudação de líquidos lixiviados, além de acelerar a progressão de mecanismos de instabilidade superficial.



Figura 4. Ravina e escorregamento.

3.5 Drenagem e emissão de gases

O paracer DISAN (2006) descreve o sistema de drenagem superficial do aterro, composto por canaletas de concreto que conduzem as águas pluviais para caixas de passagem, descidas d'água, dissipadores e bacias de infiltração. Na última plataforma, a drenagem seria feita por canaleta moldada in loco, com caimento mínimo de 1,5% em direção ao eixo do aterro. A drenagem interna de líquidos lixiviados previa o sistema em "espinha de peixe", com tubos perfurados de PEAD envoltos em brita e geomembrana, conduzindo o lixiviado a uma bacia temporária para posterior envio à ETE da Copasa.

Durante a visita técnica, foram identificados problemas relacionados aos sistemas de drenagem e aos processos de percolação no maciço. Em trechos das bermas do lado leste, foram observados dispositivos de drenagem superficial desalinhados ou tombados, em decorrência de movimentações nos taludes. Além disso, próximo às manilhas, foi encontrado um líquido de origem não caracterizada, possivelmente associado à água pluvial e/ou líquidos lixiviados. Em outros pontos, observa-se o afloramento de lixiviado oriundo do interior dos taludes que, por vezes, apresenta odor desagradável e se propaga pelas bermas (Figura 5).



Figura 5. Manilha tombada e ponto com afloramento de lixiviado.

Em várias regiões, o pisoteio de animais provoca exsudação de líquidos, evidenciando elevada umidade e provável saturação localizada. Adicionalmente, observaram-se dois pontos de empoçamento de água no topo do maciço, que podem contribuir para a infiltração e consequente geração de lixiviados. Quanto à drenagem de gases, o parecer DISAN (2006) previa drenos verticais de concreto perfurado com queima na superfície, distribuídos em 100 unidades interligadas por rede horizontal, formando sistema contínuo de extração e queima dos gases. Durante a visita, esse sistema não foi identificado, possivelmente devido ao crescimento da vegetação ao longo dos anos ou a outras circunstâncias.

3.6 Presença de pessoas e animais

A ausência de sinalização e controle de acesso favorecem a entrada de pessoas e animais que, como foi constatado, circulavam pela área (Figura 6). A presença de animais de grande porte ao longo da estrutura evidencia não só a falta de gerenciamento da estrutura após encerramento das atividades, bem como os riscos associados à presença de resíduos expostos, líquidos potencialmente contaminantes, superfícies irregulares e áreas com instabilidade superficial.

O parecer DISAN/2006 previa o isolamento total da área com mourões de concreto e cerca de arame farpado, além de portão para veículos e pedestres e guarita para controle de acesso. Também propunha a implantação de um cinturão verde de cerca de 20 m de largura, com cerca-viva de sansão-do-campo e cortina de árvores nativas plantadas, a ser executado simultaneamente às obras do empreendimento. Em campo, verificou-se a existência de cercamento em condições precárias, com trechos danificados que comprometem sua efetividade. Não foram observados controle formal de acesso nem a implantação do cinturão verde conforme previsto, evidenciando atendimento apenas parcial às medidas estabelecidas.



Figura 6. Presença de animais de grande porte na estrutura.

4 DISCUSSÃO

A proposta de encerramento apresentada no parecer DISAN/2006 mostra-se tecnicamente adequada frente às manifestações geotécnicas, hidráulicas e ambientais identificadas em campo, ao prever encapsulamento dos maciços, implantação de camada de cobertura final impermeabilizante, manutenção da drenagem e controle de lixiviados e gases. Tais diretrizes estão alinhadas aos processos observados — infiltração, surgências de lixiviados, erosões superficiais e instabilidades localizadas — indicando coerência entre diagnóstico e medidas propostas. A associação entre a cobertura final e a drenagem superficial tende a mitigar a infiltração pluvial e a degradação do maciço, enquanto a implantação de vegetação contribui para estabilização superficial, minimizando processos erosivos.

Entretanto, as condições atualmente verificadas evidenciam significativa desconformidade entre o previsto e o existente. Observa-se comprometimento da camada de cobertura final, ausência ou irregularidade de cobertura vegetal e praticamente inexistência de dispositivos de drenagem superficial. Esse cenário favorece a intensificação de processos erosivos, com exposição de resíduos e exsudação de lixiviados nos taludes. A coexistência de erosões ativas, surgências, acúmulos de água e instabilidades superficiais caracteriza situação de vulnerabilidade ambiental e estrutural, agravada pela proximidade de residências e de corpo hídrico, que ampliam o potencial de exposição a contaminantes.

Embora não tenham sido observadas manifestações críticas iminentes no momento da inspeção, as condições verificadas evidenciam um quadro de instabilidade potencial, passível de agravamento na ausência de monitoramento sistemático e gestão pós-encerramento. Ademais, a limitação de registros e informações técnicas disponíveis restringe a compreensão da evolução do maciço e dificulta análises mais consistentes.

Essa deficiência documental, recorrente em antigos locais de disposição de resíduos no Brasil, compromete diagnósticos mais precisos e a definição de medidas corretivas técnica e ambientalmente mais fundamentadas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O diagnóstico da situação atual do aterro sanitário desativado evidenciou que, embora as operações tenham sido encerradas, a área ainda apresenta condições que demandam atenção sob os aspectos geotécnicos, ambientais e de segurança. A inspeção de campo, caminhamento e sobrevoo de drone, associados às informações técnicas disponíveis, permitiram identificar processos erosivos superficiais, falhas no sistema de drenagem superficial, surgências de lixiviados e acúmulo de água, indicando ausência ou ineficiência de medidas de conservação pós-encerramento.

A caracterização geotécnica do subsolo e do maciço mostrou-se bastante limitada e superficial, não sendo suficiente para subsidiar uma avaliação consistente da estabilidade global, das condições de percolação ou do comportamento mecânico dos materiais. A escassez de investigações e de registros técnicos compromete análises mais robustas e evidencia a necessidade de campanhas complementares de sondagens, ensaios laboratoriais e integração com estudos hidrogeológicos, de modo a permitir diagnóstico mais confiável e tecnicamente fundamentado.

Os resultados demonstram que a simples desativação do aterro não garante estabilidade e segurança a longo prazo. Torna-se imprescindível a implementação de ações sistemáticas de manutenção, incluindo recomposição de taludes, recuperação da cobertura final, readequação dos sistemas de drenagem superficial e monitoramento contínuo das condições hidráulicas e geotécnicas.

Conclui-se que a elaboração e execução de um plano estruturado de conservação, investigação complementar e reabilitação são fundamentais para mitigar as vulnerabilidades identificadas, reduzir incertezas técnicas e assegurar condições mínimas de estabilidade e conformidade com as normativas vigentes.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a Caio César de Sousa Mello, a Flávio Henrique Vieira de Resende, a Christian Novy e a Sarah Otoni pelo apoio ao desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992). NBR 8419. *Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos*. Rio de Janeiro.

BRASIL. Lei n° 12.305, de 2 de agosto de 2010. *Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n° 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.* Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 2 de agosto de 2010.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Boletim Anual de Qualidade das Águas na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. Belo Horizonte: Igam, 2021.

Santos, M. M. B.; Jucá, J. F. T. (2023). *Estudo de caso sobre a investigação geoambiental e elaboração de projeto conceitual para encerramento do lixão no município de Itacaré - BA.* Anais X Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental (REGEO 2023), ABMS, Salvador, Bahia.

Silva, E. L.; Marques, S. K. J.: De Souza, R. F. M. (2024). *Análise ambiental do antigo lixão no povoado Algodãozinho em Palmeira dos Índios, Alagoas, Brasil.* Revista Geo Ambiente, Universidade Federal de Jataí, Jataí, Goiás.

MINAS GERAIS. Parecer Técnico DISAN nº 542423/2006. Processo COPAM nº 00201/1990/005/2006. Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), 2006.