

**ASPECTOS LEGAIS E NORMATIVOS NA IMPLEMENTAÇÃO DE
ATERROS SANITÁRIOS DE PEQUENO PORTE: O CASO DE NOVA
CAMPINA (SP)**

Cláudia Marisse dos Santos Rotta¹; Milena Nátalie Ferreira de Campos², Natália de Souza Pelinson³

Resumo – Os aterros sanitários figuram, no Brasil, como uma solução para a destinação final adequada dos resíduos sólidos urbanos (RSU), especialmente em pequenos municípios que enfrentam desafios estruturais e financeiros. Contudo, a falta de estudos geológico-geotécnicos e ambientais detalhados pode comprometer a segurança ambiental dessas instalações, resultando em impactos negativos sobre o solo e os recursos hídricos. Este trabalho analisou a adequabilidade do estudo ambiental elaborado previamente a implantação de um aterro sanitário em Nova Campina (SP), considerando aspectos legais e técnicos. Os resultados destacaram a relevância da avaliação geotécnica para mitigar riscos ambientais, fornecendo subsídios para a gestão responsável dos RSU. Trabalhos como este contribuem para a avaliação das práticas de licenciamento e gestão de aterros sanitários em municípios de pequeno porte.

Palavras-Chave – Caracterização geológico-geotécnica; adequabilidade de áreas para depósitos de resíduos sólidos; gerenciamento de resíduos sólidos

Abstract – Sanitary landfills in Brazil serve as a solution for the proper final disposal of municipal solid waste (MSW), especially in small municipalities that face structural and financial challenges. However, the lack of detailed geological-geotechnical and environmental studies can compromise the environmental safety of these facilities, leading to negative impacts on soil and water resources. This study analyzed the adequacy of an environmental study for the implementation of a sanitary landfill in Nova Campina (SP), considering legal and technical aspects. The results highlight the importance of geotechnical assessments in mitigating environmental risks, providing support for more responsible MSW management. Studies like this contribute to the evaluation of landfill licensing and management practices in small municipalities.

Keywords – Geological-geotechnical characterization; adequacy of sites for waste disposal; solid waste management.

¹ Docente, Eng. Ambiental, Ph.D., Universidade Federal de São Carlos, Campus Lagoa do Sino, Buri - SP, claudiarotta@ufscar.br.

² Eng. Ambiental, Universidade Federal de São Carlos. mcampos@estudante.ufscar.br

³ Docente, Eng. Ambiental, PhD, Universidade Federal de São Carlos, Campus Lagoa do Sino, Buri - SP, nataliasp@ufscar.br.

1. INTRODUÇÃO

A aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável vem cada vez mais sendo apontada como solução para uma série de problemas ambientais enfrentados mundialmente. Esse tema vem sendo recorrentemente tratado em encontros mundiais, tais como na 19ª Reunião de Cúpula do G20, realizada em novembro de 2024 no Rio de Janeiro, Brasil, e na COP29, realizada no mesmo período, em Baku, no Azerbaijão.

Apesar da preocupação crescente com a sustentabilidade, de acordo com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (2024), em função do crescimento econômico e dos padrões de consumo insustentáveis, prevê-se que entre 2020 e 2050, a produção anual de resíduos sólidos urbanos (RSU) cresça de 2,1 bilhões para 3,8 bilhões de toneladas. Em 2020, cerca de 38% destes resíduos foram despejados ou queimados a céu aberto, o que, se mantido até 2050, levará a um montante de 1,6 bilhão de toneladas de RSU dispostos inadequadamente, o contribuindo para as mudanças climáticas, a poluição marinha por plásticos e os efeitos adversos na saúde humana.

No Brasil, conforme a Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA, 2024) estimou que, no ano de 2023, a produção média de RSU per capita no Brasil foi de aproximadamente 81 milhões de toneladas. Regionalmente, o Sudeste é o maior gerador de RSU no Brasil, responsável por 39,9 milhões de toneladas em 2023, o que representa aproximadamente 50% da geração nacional.

No passado, os RSU no Brasil foram dispostos em lixões ou vazadouros, o que compreende descargas a céu aberto, sem medidas de proteção ao meio ambiente. Outra prática comum era a utilização de aterros controlados, nos quais valas eram abertas no solo para a deposição de resíduos, cobertas eventualmente com solo, mas sem medidas de impermeabilização, drenagem e tratamento de chorume e gases (Bosco, 2008). Devido a tais características, essas estruturas são associadas a inúmeros problemas ambientais, tais como a contaminação do solo, poluição do ar devido a emissão de gases do efeito estufa e contaminação das águas superficiais e subterrâneas, conforme exposto detalhadamente por Morita et al. (2021).

Entretanto, conforme a Lei nº. 12.305/10, conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), de 2010, esgotadas as possibilidades de reutilização, reciclagem e tratamento dos RSU, os resíduos restantes, chamados de rejeitos, devem ser encaminhados para disposição final ambientalmente adequada. As instalações que correspondem a essa alternativa são os aterros sanitários, que passaram a ser utilizados no Brasil a partir de 2000, e que, atualmente, devem ser construídos com base na Norma de Referência nº 7/2024 da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Pela PNRS (2010), os pequenos municípios, que correspondem àqueles com população inferior a 50.000 (cinquenta mil) habitantes no Censo 2010, teriam até 2 de agosto de 2024 para adotar métodos de disposição final ambientalmente adequada para seus RSU. Todavia, pequenos municípios enfrentam maiores desafios para o cumprimento da lei, uma vez que sofrem com a falta de recursos tecnológicos, financeiros e humanos qualificados para implementar as ações necessárias (Queiroz; Pinto Filho, 2022). Por esta razão, nestes locais são frequentemente encontrados lixões ou aterros controlados, que, estando no final de sua vida útil, ou buscando o atendimento da PNRS, demandam o licenciamento de novas áreas para a disposição adequada dos RSU, como é o caso do Município de Nova Campina (SP).

A escolha de áreas para a implantação de aterros sanitários deve considerar fatores socioambientais, econômicos e técnicos. Os estudos ambientais são usados nesse processo para identificar impactos e propor medidas mitigadoras. Entre os critérios avaliados, destacam-se a proximidade de corpos d'água, a geologia do local, a permeabilidade do solo e a distância de áreas habitadas. A falta desses estudos pode levar à contaminação do solo e das águas subterrâneas, além de impactos sociais, como odores e proliferação de vetores. Seguir as normas técnicas e realizar estudos adequados ajuda a definir locais apropriados para os aterros e a reduzir impactos negativos da destinação final de RSU sobre o solo.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento da legislação brasileira e da literatura científica relacionadas à implantação de aterros sanitários de pequeno porte, de modo a subsidiar a análise da adequabilidade do estudo ambiental realizado previamente à implantação

desta instalação no município de Nova Campina (SP), assim como gerar reflexões quanto a disposição final de RSU em municípios de pequeno porte. Entende-se que este tema é pertinente uma vez que o prazo para adequação desse tipo de resíduos sólidos, para municípios de até 50.000 habitantes se encerrou em agosto de 2024, conforme apresentado pela PNRS (2010).

2. METODOLOGIA

Tendo em vista a importância da correta destinação dos resíduos sólidos urbanos e reconhecendo o impacto ambiental potencial dos aterros sanitários, este trabalho adotou como tema de estudo os aspectos ambientais e legais associados à implantação desse tipo de empreendimento, com um enfoque específico em pequenos municípios (com menos de 50.000 habitantes).

Inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico para identificar a legislação nacional e estadual aplicável à implantação de aterros sanitários, com destaque para a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), além de resoluções do CONAMA e normas ABNT que estabelecem critérios técnicos para esses empreendimentos.

A comparação dessas normativas permitiu reflexões acerca de suas especificações técnicas, além de servir de base para a avaliação do estudo de caso do Município de Nova Campina (SP), escolhido por estar em processo de desativação de um aterro controlado e de implantação de um aterro sanitário de pequeno porte. Neste trabalho, pretende-se avaliar os resultados do estudo ambiental em termos de adequação legal e quanto a adequabilidade da área escolhida para o empreendimento.

2.1. Caracterização da área de estudo

O município de Nova Campina (Figura 1) localiza-se no sudoeste do estado de São Paulo, abrigando uma população de 8497 habitantes (IBGE, 2022). Inserido na região administrativa de Sorocaba e na microrregião de Itapeva, o município abrange aproximadamente 385 km², fazendo divisa com os municípios de Itapeva, Ribeirão Branco, Apiaí, Itararé e Bom Sucesso de Itararé. Localizado a cerca de 320 km da capital São Paulo (SP), apresenta altitude média de 838 m acima do nível do mar (Nova Campina, 2017).

O município de Nova Campina faz parte da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Alto Paranapanema (UGRHI 14), situando-se na porção sul da mesma, na sub-bacia hidrográfica do Alto Taquari. O clima, segundo a classificação Koeppen (1900), é Cfa, mesotérmico temperado e úmido, com verões quentes e chuvosos, com temperatura média anual de 19,0°C, oscilando entre mínima média de 13,1°C e máxima média de 25,1°C e com precipitação média anual de 1.419 mm (Nova Campina, 2017).

Segundo a Prefeitura Municipal de Nova Campina, o antigo aterro controlado já estava em processo de desativação no ano de 2023. Tendo em vista o fim da vida útil dessa instalação, desde 2021, o município havia iniciado o processo para obtenção da licença de instalação de um aterro sanitário em área já escolhida e aprovada. O município optou pela instalação de um aterro sanitário dentro de seus limites, após descartar outras alternativas, como o transbordo para um aterro sanitário em outra localidade, consideradas inviáveis pelo PGRS (2017).

A área escolhida para a instalação do novo aterro sanitário pertence à fazenda Nova Brasília III, uma fazenda florestal com extensão total de 70,6 ha, onde ocorre o plantio de espécies exóticas e comerciais como eucalipto, além de espécies nativas. Da área total, apenas 20.000 m² foram autorizados para receber o Aterro Sanitário Municipal, que já obteve a licença prévia da CETESB. O local faz divisa com o aterro controlado pré-existente, localizado na mesma propriedade, sendo estes separados por uma estrada vicinal municipal. O processo de licenciamento junto à CETESB exigiu a elaboração de um estudo ambiental, elaborado por uma empresa de consultoria ambiental, com o apoio da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Nova Campina (SP).

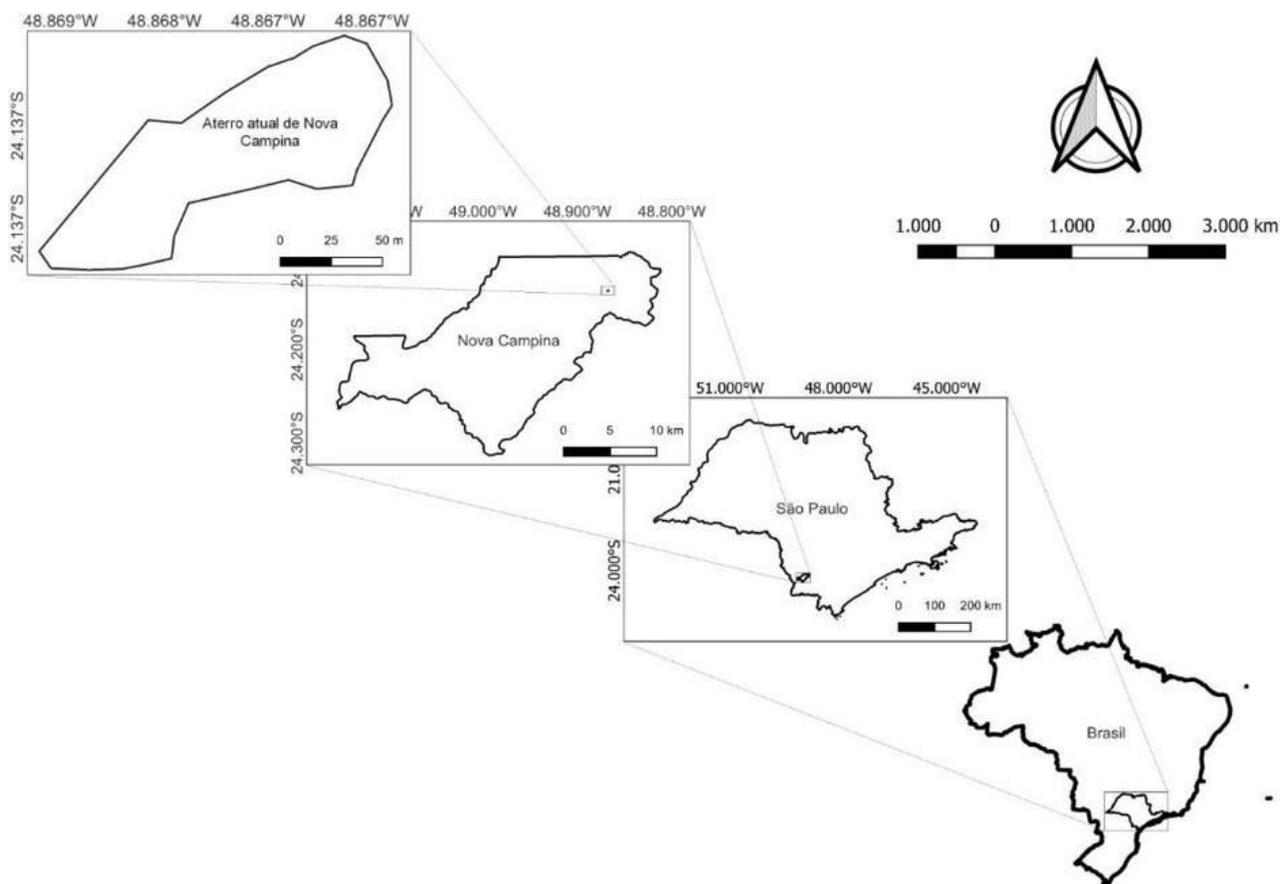


Figura 1. Localização da área de estudo.

Quanto à geração de resíduos sólidos urbanos, o município produz aproximadamente cinco toneladas diariamente (Plano de Gestão de Resíduos Sólidos - PGRS, 2017). O Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos no Estado de São Paulo para o ano de 2023, elaborado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2024), por sua vez, indica a produção de 4,03 t/dia de RSU. Além disso, este documento indica que o aterro de destino dos resíduos urbanos do município apresenta Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR) de 7,2, sendo considerado em condições adequadas (uma vez que IQR igual ou superior a 7,1 é considerado adequado).

3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1. Aspectos legais e normativos relacionados à implantação de aterros sanitários de pequeno porte

Apesar dos aterros sanitários serem projetados para controlar a emissão de contaminantes para o meio ambiente, reduzindo a possibilidade de poluição das águas superficiais e subterrâneas, do solo e do ar, os sistemas de contenção podem falhar, portanto, estas instalações podem atuar como fontes potenciais de impacto ambiental (Bosco, 2008). A Política Nacional do meio ambiente (Lei nº 6.938/1981) utiliza o licenciamento ambiental como um dos instrumentos de preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, que pode ser ameaçada por instalações como os aterros sanitários. A partir desse entendimento, é possível estabelecer o histórico do processo de licenciamento de aterros sanitários, especialmente os de pequeno porte, no Brasil, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Leis e normas brasileiras relacionadas ao licenciamento de aterros sanitários de pequeno porte.

Lei/Norma	Âmbito	Principais diretrizes
Resolução CONAMA n°001/1986	Licenciamento Ambiental	Indica ainda que para o licenciamento de aterros sanitários é necessária a elaboração de estudo de impacto ambiental (EIA) e o respectivo relatório de impacto ambiental (RIMA), além da submissão do mesmo à aprovação do órgão estadual competente e do IBAMA.
Resolução CONAMA n°237/1997	Licenciamento Ambiental	Indica que atividades e empreendimentos com pequeno potencial de impacto ambiental podem ser submetidos a procedimentos simplificados de licenciamento. E que um único processo de licenciamento ambiental é necessário para pequenos empreendimentos e atividades similares vizinhas aprovados previamente pelo órgão governamental competente. Por fim, lista a necessidade de licenciamento ambiental para a destinação de resíduos sólidos urbanos, entre outras atividades e empreendimentos.
Resolução CONAMA n°404/2008	Licenciamento Ambiental	Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos urbanos (disposição diária de até 20 t de RSU). Indica licenciamento ambiental simplificado para tais instalações, dispensando a apresentação de EIA/RIMA. Apresenta também os itens mínimos a serem exigidos em um processo de licenciamento ambiental, incluindo a necessidade de apresentação dos estudos ambientais e do projeto do aterro proposto.
NBR 8419/1992	Norma técnica	Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos: fixa as condições mínimas exigíveis para a apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.
NBR 13896/1997	Norma técnica	Aterros de resíduos não perigosos: critérios para projeto, implantação e operação: fixa as condições mínimas exigíveis para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos, de forma a proteger adequadamente as coleções hídricas superficiais e subterrâneas próximas, bem como os operadores destas instalações e populações vizinhas.
Lei n° 140/2011	Política Ambiental	Complemento da Política Nacional do Meio Ambiente de 1981: Aponta a esfera Municipal como responsável administrativa em promover o licenciamento ambiental das atividades ou empreendimentos que causem ou possam causar impacto ambiental no âmbito local.

Entretanto, pequenos municípios dificilmente possuem órgãos ambientais que possam exercer as atividades de licenciamento ambiental, sendo estas atividades delegadas ao Estado. No estado de São Paulo, o órgão ambiental responsável pelo licenciamento ambiental de aterros sanitários é a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). O mesmo licencia tanto a instalação de novos empreendimentos quanto a ampliação de empreendimentos existentes, indicando, para ambos os casos, a lista de documentos básicos necessários. Dentre estes documentos podemos citar o Estudo Ambiental para Aterro Sanitário, que é diferenciado, conforme a capacidade, em até 10 t/dia e superior a 10 t/dia. No caso de aterros de pequeno porte, o projeto de elaboração de estudo ambiental prevê que o mesmo será do modelo em vala.

Com base nas Leis e Normas citadas, e nos aspectos utilizados pela CETESB (2024) para o cálculo do índice da qualidade de aterro de resíduos (IQR), foi possível identificar um conjunto de critérios ambientais, sociais e construtivos a serem identificados por estudos ambientais realizados para o licenciamento ambiental de aterros sanitários. Além disso, foram identificadas as características desejáveis para esses critérios, com foco na aptidão para tal uso (Tabela 2).

Analisando a Tabela 2, verifica-se que a NBR 13896 de 1997 é a que mais detalha as características desejadas para o local onde será instalado um aterro sanitário. A esta segue a CETESB (2024), cujas indicações são muito próximas às da NBR 13896. A resolução CONAMA n°004/95, por sua vez, é importante no contexto de aterros sanitários pois estabelece as Áreas de Segurança Portuária (ASAs) e proíbe a implantação de atividades de natureza perigosa, entendidas como “foco de atração de pássaros”, que possam proporcionar riscos à navegação aérea. Por fim,

a contribuição da resolução CONAMA nº404/08 restringe-se em garantir maior vida útil a estes empreendimentos.

No que diz respeito aos critérios ambientais apresentados na Tabela 2, verifica-se que estes se relacionam a declividade dos terrenos, a espessura e homogeneidade do maciço de material geológico, ao coeficiente de permeabilidade do material geológico, a profundidade do lençol freático, e à distância dos recursos hídricos superficiais. Apesar destes serem aspectos importantes, outros deveriam ser abordados.

A NBR 8419/92, por exemplo, apresenta que os estudos ambientais prévios à implantação de aterros sanitários devem incluir investigação geológica e geotécnica que contribua para a avaliação dos riscos de poluição das águas e das condições de estabilidade dos maciços. Para isso, especifica que os estudos devem conter informações referentes à geologia (litologia e estruturas), à natureza dos solos (perfil, espessura, granulometria, homogeneidade e permeabilidade), e à água subterrânea (posição e dinâmica do lençol freático, qualidade e importância econômica, importância do terreno em termos de recarga, riscos de ruptura ou erosão acentuada), sem, entretanto, especificar as características mais adequadas para cada um. Por mais que os estudos ambientais sejam avaliados por corpo técnico especializado dentro dos órgãos ambientais, um maior detalhamento, contendo a caracterização esperada para os aspectos ambientais, poderia tornar o processo mais acessível, sobretudo para prefeituras de pequenos municípios onde, nem sempre, há funcionários com formação adequada.

Os critérios sociais, por sua vez, concentram-se em garantir que a localização do aterro sanitário não afete negativamente os núcleos urbanos, e que respeite a legislação de uso e ocupação do solo. Entretanto, sua eficiência depende da qualidade dos instrumentos de legislação de uso e ocupação do solo existentes, sobretudo em pequenos municípios.

Por fim, foram apresentados alguns critérios relacionados à construção de aterros sanitários. A presença de impermeabilização na base do aterro e no sistema de drenagem de lixiviado é recomendada pela legislação, entretanto, tais estruturas, tais como a drenagem e queima de gases, elevam o custo do empreendimento e forçam pequenos municípios a adotar o aterro em valas. A recomendação de vida útil, por sua vez, passou a ser maior nos últimos anos, como mostra a Tabela 2, o que se justifica na tentativa de maximizar o uso dessas instalações potencialmente impactantes antes de se explorar novas áreas.

3.2. Estudo ambiental para implantação do aterro sanitário de Nova Campina (SP)

O estudo ambiental para implantação do aterro sanitário de pequeno porte no município de Nova Campina (SP) foi elaborado por uma empresa de consultoria ambiental a partir do roteiro disponibilizado pela CETESB, sendo a caracterização geológico-geotécnica terceirizada a uma empresa do ramo. Ressalta-se que o estudo ambiental que serviu de base para este trabalho foi disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Nova Campina (SP).

Do ponto de vista de caracterização do empreendimento, o estudo ambiental apresentou aspectos como o distanciamento do futuro aterro sanitário a aeroportos e aeródromos, e ao centro atendido, cujos valores estão adequados de acordo com a resolução CONAMA nº 004/95 e a CETESB (2024), respectivamente. A caracterização das vias de acesso também foi apresentada pelo estudo ambiental, estando estas adequadas conforme a NBR 13896/97 e a CETESB (2024).

Por outro lado, aspectos importantes relacionados ao empreendimento não foram apresentados. O primeiro a ser citado corresponde ao dimensionado das valas ou células, do sistema de drenagem fluvial, da manta impermeabilizante e do sistema de drenagem de chorume. Pode ser que tais informações tenham sido apresentadas ao órgão ambiental, mas não foram disponibilizadas pela prefeitura. Entretanto, caso estas realmente não estejam presentes no estudo ambiental, verifica-se uma inadequação do mesmo. Outros aspectos não identificados no estudo acessado foram a descrição da vida útil do aterro; a previsão de cercamentos, isolamento visual ou sonoro, portarias, entre outras estruturas; e a entrega de um cronograma de obras e construção.

Tabela 2: Características dos critérios ambientais, sociais e construtivos exigidos em estudos ambientais para licenciamento de aterros sanitários.

Caráter	Critério de adequabilidade do local	Característica esperadas para cada critério			
		NBR 13896/97	CONAMA n° 404/08	CONAMA n° 004/95	CETESB (2024)
Ambiental	Topografia	30% > declividade > 1%	-	-	Terrenos planos ou de baixa inclinação
	Tipo de materiais geológicos do aterro sanitário	Depósito natural extenso e homogêneo	-	-	-
	Coeficiente de permeabilidade dos materiais geológicos do aterro sanitário	< 10 ⁻⁶ cm/s	-	-	< 10 ⁻⁶ cm/s
	Coeficiente de permeabilidade dos materiais geológicos abaixo da base do aterro sanitário	< 5 x 10 ⁻⁵ cm/s;	-	-	-
	Profundidade do lençol freático	> 3 m	-	-	> 3 m
	Espessura da camada de solo entre a base do aterro e o lençol freático (determinado em períodos chuvosos)	≥ 1,5 m	-	-	-
	Distância do aterro sanitário aos recursos hídricos superficiais	≥ 200 m	-	-	≥ 200 m
Social	Distância mínima a núcleos populacionais	> 500 m	-	-	≥ 500 m
	Aspectos relacionados ao uso e ocupação do solo	Informa que deve respeitar a legislação de uso e ocupação vigente	Informa que deve atender a legislação municipal de uso e ocupação do solo	-	Recomenda uso de áreas antropizadas e com potencial mínimo de incorporação à zona urbana
Informações do empreendimento	Vida útil	≥ 10 anos	> 15 anos	-	> 15 anos
	Distanciamento de aeroportos e aeródromos	-	-	≥ 20 km e ≥13 km, respectivamente	-
	Distância ao centro atendido	-	-	-	> 2 km
	Manta impermeabilizante	Recomendada para a base do aterro, sistema de drenagem e tratamento do lixiviado	-	-	Recomendada para impermeabilização da base
	Drenagem de chorume	Recomenda que haja rede impermeabilizada	-	-	Recomenda que haja rede

Já com foco em aspectos ambientais, o estudo ambiental foi eficiente ao indicar que não haveria necessidade de supressão de vegetação nativa ou de áreas de preservação permanente, cumprido uma das exigências da CETESB (2004). Entretanto, as informações topográficas estão inadequadas, uma vez que a planta da área a ser ocupada, apesar de apresentar a distribuição de curvas de nível, não apresenta os valores de elevação das mesmas, nem ao menos a equidistância. E ainda, não há referências no estudo quanto a distância do aterro sanitário em relação aos recursos hídricos superficiais.

A caracterização geológico-geotécnica presente no estudo ambiental, por sua vez, baseou-se na realização de três sondagens a percussão de simples reconhecimento (SPT) (NBR 6484, 2001) e na determinação do coeficiente de permeabilidade através de ensaio laboratorial de carga variável (NBR 14545, 2021). Planejou-se a amostragem de material geológico para determinação do coeficiente de permeabilidade nas profundidades de 3,8 m e 6,8 m, entretanto os ensaios SPT foram realizados até o impenetrável, exigindo posterior escavação com retroescavadeira para atingir as profundidades de 3,8 e 6,8 m. Entretanto, foi identificada a presença de rocha vulcânica impenetrável e impermeável antes dos 6 m de profundidade, de modo que a condutividade hidráulica do material foi determinada apenas para 3,8 m de profundidade, e, para a profundidade de 6,8 m adotou-se permeabilidade nula visto a impermeabilidade da rocha. A Tabela 4 reúne os principais resultados da etapa de investigação geológico-geotécnica.

Tabela 4: Resumo dos resultados da investigação geológico-geotécnica dos materiais geológicos da área do aterro sanitário de Nova Campina (SP).

Ponto de ensaio	Profundidade atingida pelo ensaio SPT (m)	Descrição dos materiais geológicos	Coeficiente de permeabilidade a 3,8 m de profundidade (cm/s)
SP-01	1,30	- Até 1 m: solo orgânico com pedregulhos; - Próximos 30 cm: argila com pedregulhos de quartzito	5×10^{-8}
SP-02	2,45	- Até 2 m: solo orgânico com pedregulhos - Próximos 45 cm: argila plástica variegada	$4,2 \times 10^{-8}$
SP-03	2,00	- Até 1 m: solo orgânico com pedregulhos - Próximos 1 m: argila variegada com pedregulhos de quartzito	$4,6 \times 10^{-8}$

O ensaio de penetração dinâmica realizado nos três pontos de ensaio identificou baixos índices de resistência à penetração nos primeiros metros, característicos de solos argilosos e orgânicos, que apresentam baixa capacidade de suporte e suscetibilidade à deformação. Essa característica pode influenciar a estabilidade do terreno, exigindo medidas específicas para evitar recalques diferenciais ou instabilidades no maciço, especialmente em áreas destinadas à deposição de resíduos, onde a compactação e o controle da drenagem são fatores críticos. Sotopostos a estes, foi identificada a predominância de solos argilosos com pedregulhos até cerca de seis metros de profundidade. Duas das sondagens identificaram nestas profundidades a ocorrência de argila com pedregulhos de quartzitos, uma rocha metamórfica. Tal fato indica a necessidade de uma análise mais detalhada da transição entre essas litologias, uma vez que estruturas geológicas, como fraturas, falhas e contatos litológicos irregulares, podem influenciar significativamente a hidrogeologia da área ao criar caminhos preferenciais para o fluxo subterrâneo de contaminantes. Conhecer tais estruturas é essencial para avaliar a adequação do local para disposição de resíduos sólidos urbanos, uma vez que permite prevenir possíveis riscos de dispersão de contaminantes.

Os resultados de coeficiente de permeabilidade obtidos nos três pontos avaliados foram da ordem de 10^{-8} cm/s a 3,8 m de profundidade, o que caracteriza o material geológico como de baixa permeabilidade, característica típica de materiais argilosos com capacidade para atuar como barreira natural para a infiltração de líquidos percolados, característica adequada para materiais da base de aterros sanitários. A presença de uma camada de rocha vulcânica a menos de seis metros

de profundidade constitui um aspecto relevante para a definição da viabilidade da área. Esse material tem potencial para atuar como uma barreira natural à percolação de contaminantes para camadas mais profundas, reduzindo o risco de comprometimento de aquíferos. No entanto, sua presença pode limitar a escavação necessária para a construção de células de disposição de resíduos, tornando essencial a avaliação da espessura do solo residual disponível.

Tendo como base os resultados obtidos pela caracterização geológico-geotécnica dos materiais geológicos da área do aterro sanitário do município de Nova Campina (SP), o local apresenta características favoráveis a implantação deste empreendimento, sobretudo quanto à baixa permeabilidade dos materiais inconsolidados e à presença de um substrato rochoso que reduz o potencial de contaminação das águas subterrâneas.

4. CONCLUSÕES

A gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos é um dos desafios centrais para o desenvolvimento sustentável, especialmente em pequenos municípios, onde a limitação de recursos financeiros e técnicos pode dificultar a implantação de soluções ambientalmente seguras. Neste contexto, o estudo realizado destacou a importância do planejamento para a disposição final de RSU, considerando tanto a legislação vigente, quanto aspectos geológicos, geotécnicos e ambientais que influenciam diretamente a viabilidade e a segurança de um aterro sanitário.

A análise do caso do município de Nova Campina (SP) evidenciou que a transição de um aterro controlado para um aterro sanitário seguiu as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e buscou atender as exigências da CETESB, sobretudo quanto a necessidade de estudos ambientais detalhados. A adequação da área escolhida para o aterro sanitário de Nova Campina foi avaliada com base nos resultados do estudo ambiental, comparando-os com normas legais e referências científicas. Inicialmente, verificou-se que a localização atende às exigências do ponto de vista ambiental, social e de zoneamento, embora informações importantes não constassem nos documentos acessados.

Mesmo com os avanços na regulamentação e no planejamento técnico para destinação de resíduos sólidos, desafios persistem, como a necessidade de reforço na cooperação intermunicipal, o aprimoramento das técnicas de tratamento complementar e o incentivo à redução e reciclagem. Diante disso, conclui-se que a efetiva gestão de RSU demanda não apenas conformidade com as normas legais, mas também uma abordagem integrada que envolva planejamento territorial adequado, avaliação criteriosa das condições geológicas e geotécnicas da área escolhida, participação ativa da comunidade e a adoção de práticas sustentáveis.

REFERÊNCIAS

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

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (1997). *NBR 13896: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação*. Rio de Janeiro: ABNT.

ABREMA, Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (2024) *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2024*". Disponível em: <<https://www.abrema.org.br/panorama/>>. Acesso em: 24 mar. 2025.

ANA, Agência Nacional de Águas. (2024). *Norma de Referência nº 7/2024*, aprovada pela Resolução ANA nº 187, de 19 de março de 2024. Disponível em: < <https://participacao-social.ana.gov.br/api/files/Resolucao%20n%20187-2024%20-%20Aprova%20a%20Norma%20de%20Referencia%20n%207-2024%20-%20NR%207-1711390816173.pdf>>. Acesso em 29 de mar. 2025.

BOSCOV, M.E.G. (2008) *Geotecnia Ambiental*. Oficina de Textos, São Paulo.

BRASIL (1981). *Lei 6.938*, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 20 mar. 2025.

BRASIL (2011). *Lei Complementar nº 140*, de 8 de dezembro de 2011. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm>. Acesso em: 24 mar. 2025.

BRASIL (2010) *Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)*. Brasília.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (2024) *Inventário de resíduos sólidos urbanos - 2023*. Coordenação técnica e redação Maria Heloisa de Pádua Lima; equipe técnica Marilda de Souza Soares, Rosana Kazuko Tomita, Julio Yuriko Saito. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/residuossolidos/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso em: 27 mar. 2025.

CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. (1986) *Resolução nº 001 de 23 de janeiro de 1986*. Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0001-230186.PDF>> Acesso em: 24 mar. 2025.

CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. (1995) *Resolução nº 4, de 9 de outubro de 1995. Estabelece as Áreas de Segurança Portuária – ASAs*. Disponível em: <https://www.pilotopolicial.com.br/wp-content/uploads/2017/04/CONAMA_RES_CONS_1995_004.pdf> Acesso em: 24 mar. 2025.

CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. (1997) *Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997*. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0237-191297.PDF>> Acesso em: 24 mar. 2025.

CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. (2008) *Resolução nº 404, de 11 de novembro de 2008*. Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. Disponível em: <*Resolução nº 404, de 11 de novembro de 2008*> Acesso em: 24 mar. 2025.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2022) *Censo Demográfico 2022*. Rio de Janeiro.

MORITA, A.K.M. et al. (2021) Pollution threat to water and soil quality by dumpsites and non-sanitary landfills in Brazil: A review. *Waste Management* vol. 131. p. 163-176.

NOVA CAMPINA, Prefeitura Municipal de Nova Campina (cidade). (2017) *Plano de Resíduos sólidos*. Secretaria Municipal de Obras, Agricultura e Meio Ambiente, Secretaria de Planejamento e Projetos. Disponível em: <https://smastr20.blob.core.windows.net/conesan/Nova%20Campina_RS_2017.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2025.

Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (2024) *Resumo Executivo Panorama Global do Manejo de Resíduos em 2024: Para além de uma era de resíduos - Transformando lixo em recurso*. Nairobi. Disponível em: <<https://wedocs.unep.org/20.500.11822/44992>>. Acesso em: 24 mar. 2025.

QUEIROZ, J.H.M., PINTO FILHO, J.L.O.P. (2022) Desafios dos municípios brasileiros de pequeno porte para atendimento à Lei nº 13.305/2010. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer – Jandaia-GO, vol. 19, n. 41, p. 46-63.