



AVALIAÇÃO TÉCNICA DE ÁREA DESTINADA À IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DA CIDADE DE GUAJARÁ (AM)



Realização
Departamento de Gestão Territorial (DEGET)
Divisão de Gestão Territorial (DIGATE)

2022

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Adolfo Sachsida

Secretária Executiva

Hailton Madureira de Almeida

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Líliá Mascarenhas Sant'agostino

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Pedro Paulo Dias Mesquita

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Marcio José Remédio

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues A. da Silva

Chefe da Divisão de Geologia Aplicada

Tiago Antonelli

Chefe da Divisão de Gestão Territorial

Maria Adelaide Mansini Maia

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

AVALIAÇÃO TÉCNICA DE ÁREA DESTINADA À IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DA CIDADE DE GUAJARÁ (AM)

AUTORES

José Luiz Marmos
Valdemilton Gusmão



MANAUS
2022

CRÉDITOS TÉCNICOS

Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues A. da Silva

Divisão de Gestão Territorial

Maria Adelaide Mansini Maia

Superintendente Regional

Marcelo Batista Motta

Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Jussara Socorro Cury Maciel

Supervisor de Gestão Territorial

José Luiz Marmos

Equipe Executora:

Geólogo José Luiz Marmos

Sondador Valdemilton Gusmão

Diagramação

Marina das Graças Perin

Foto: Estudos in loco para caracterização das áreas selecionadas para implantação de aterros sanitários.
Créditos: José Luis Marmos.

Serviço Geológico do Brasil – CPRM

www.cprm.gov.br

seus@cprm.gov.br

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

M352a Marmos, José Luiz.

Avaliação técnica de área destinada à implantação do aterro sanitário da cidade de Guajará, AM / José Luiz Marmos, Valdemilton Gusmão. – Manaus : CPRM, 2022.

1 recurso eletrônico : PDF

ISBN 978-65-5664-255-0

1. Aterro sanitário. I. Gusmão, Valdemilton. II. Título.

CDD 628.44564

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Teresa Rosenhayme CRB 5662

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – CPRM
Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

APRESENTAÇÃO

Em 2010 foi criada a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (Lei nº 12.305, atualizada pela lei nº 14.026, de 15 de julho 2020) para decidir sobre o correto gerenciamento dos resíduos, sendo uma obrigação dos municípios destinarem corretamente esse material. Essa política previa acabar com os locais de descarte irregular em quatro anos, o que não aconteceu.

Atualmente, há cerca de 3 mil unidades de lixão no país, concentradas principalmente nas regiões Norte e Nordeste. Nessas regiões, apenas 11% dos municípios possuem aterros sanitários, valor bem abaixo da região Sudeste, com cerca de 50%, e da região Sul, onde 90% dos municípios são beneficiados.

O Serviço Geológico do Brasil - SGB/CPRM, em apoio ao PNRS, vem atuando ao longo das duas últimas décadas em atendimento às demandas das prefeituras municipais para a seleção de áreas adequadas para a instalação de aterros sanitários municipais, em consonância com a Norma NBR 13.896, estabelecida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

O presente relatório faz parte de uma série de estudos que visam a seleção apropriada de áreas para a instalação de aterros sanitários em atendimento às demandas municipais em todo território nacional.

Esteves Pedro Colnago
Diretor-Presidente

Alice Silva de Castilho
Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

SUMÁRIO

1. ANTECEDENTES	1
2. CÁLCULO DA ÁREA NECESSÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO	4
3. DESCRIÇÃO DA ÁREA AVALIADA E ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	6
4. RESULTADOS OBTIDOS	9
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14

1. ANTECEDENTES

Os resíduos sólidos coletados na zona urbana de Guajará, situada na margem esquerda do rio Juruá, vêm sendo depositados, há quase 15 anos, na lixeira municipal localizada na região periférica norte da cidade, a apenas 2,5km do centro urbano em linha reta. Desde o início das atividades esse local operou como um lixão a céu-aberto e só recentemente começou-se a tomar maiores cuidados ambientais, como a cobertura frequente dos resíduos com material argiloso retirado das proximidades (Figuras 1, 2 e 3).

A área ocupada pela lixeira, com aproximadamente 2 hectares, pertencente à própria Prefeitura Municipal, está cercada e situa-se numa posição topográfica favorável, a mais de 200m dos cursos d'água mais próximos, na bacia hidrográfica de uma drenagem que deságua no rio Juruá à jusante da zona urbana. Numa visita ao local, durante a realização deste estudo, foi observado que, devido aos cuidados com a cobertura do lixo, é pequena a presença de urubus (Figuras 2 e 3). O recolhimento e disposição final dos resíduos nessa área têm uma frequência diária, sendo lançado no local somente o lixo doméstico, com papelão, garrafas PET e latas destinados à reciclagem.

Apesar dos atuais cuidados ambientais com a operação da lixeira e da posição favorável da área, há um grande passivo ambiental no local e a capacidade da mesma está no limite de ser esgotada. Nesse sentido, a atual administração municipal, levando em conta a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/10 e Decreto Federal 7404/10) e a recente Lei 14.026/2020, que atualiza o Marco Legal do Saneamento Básico (BRASIL, 2020), se conscientizou da necessidade da construção de um aterro sanitário, que atenda às normas técnicas e à legislação vigente, de modo a minimizar os riscos ambientais e preservar a saúde da população vizinha à lixeira.

Em busca de solução que culmine com o encerramento das atividades da lixeira atual, os gestores de Guajará tomaram iniciativa de selecionar uma área com potencial técnico-legal para implantação do Aterro Sanitário Municipal, de modo a coletar, transportar e dar disposição final aos resíduos sólidos da cidade de maneira ambientalmente correta. Essa área situa-se, em linha reta, 8km a nordeste do centro urbano, em terras de propriedade (fazenda de gado) do Sr. Ivo Tomé (Figura 1)

Com vistas à elaboração de projeto e eventual implantação do aterro, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Turismo de Guajará - SEMAT, por meio do Ofício no. 013/2021, solicitou apoio ao Serviço Geológico do Brasil - CPRM para avaliar a aptidão técnica da área selecionada em dar suporte a tal tipo de empreendimento no que diz respeito aos atributos geológicos, geomorfológicos e hidrológicos. Com esse objetivo, o geólogo José Luiz Marmos e o sondador Valdemilton Gusmão foram destacados para a realização dos estudos, cujas atividades de campo (coleta de dados *in situ*) se desenvolveram no período de 26 a 29 de janeiro de 2022.



Figura 1 - Imagem de satélite de alta resolução (julho 2021) da cidade de Guajará, na margem esquerda do rio Juruá, e entorno norte com a localização da lixeira atual e da área avaliada neste estudo. Fonte: Google, c2022.



Figura 2 - Aspectos da atual lixeira municipal de Guajará, com destaque para a cobertura dos resíduos feita com trator de esteira, o que impede grande proliferação de urubus.



Figura 3 - Imagem de detalhe da área da lixeira municipal de Guajará, com seu polígono delimitado, a mais de 200m de dois braços de drenagem situados a norte e oeste da mesma. Fonte: Google, c2022.

2. CÁLCULO DA ÁREA NECESSÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO

Segundo informações da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Turismo, a quantidade média de resíduos sólidos (RS) coletada na cidade de Guajará e depositada na atual lixeira está em torno de 6 ton/dia. Esse é um parâmetro essencial para o cálculo da área superficial necessária para instalação de aterro sanitário com vida útil mínima de 10 anos, conforme recomendado nas normas técnicas pertinentes (NBR 10157/87 e NBR 13896/97 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT) e nos manuais de gerenciamento de resíduos sólidos D'Almeida e Vilhena (2000). Neste laudo, no entanto, levando-se em conta a Política Nacional de Resíduos Sólidos e a Lei 14.026/2020, para efeitos de cálculo irá se considerar um aterro sanitário com vida útil mínima de 15 anos.

Outros dois parâmetros a serem levados em conta são a população urbana de Guajará (7.427 habitantes, de acordo com o censo do IBGE mais recente - 2010) e a taxa média de crescimento anual dessa população (definida em 1,9% quando se comparam os dados dos censos 2000 e 2010 do IBGE (IBGE, 2001, 2010)). Portanto, de acordo com a informação obtida *in loco*, a quantidade média de RS produzidos atualmente na zona urbana de Guajará (população estimada de 9.310 habitantes em 2022) pode ser calculada em cerca de 0,65 kg/habitante/dia, valor utilizado nas projeções a seguir.

A equação utilizada para o cálculo da população urbana de 2022 é a seguinte:

$$\text{População atual (2022)} = \text{Pop 2010} \times (1+d)^t, \text{ sendo:}$$

d = taxa de crescimento anual (em fração de centésimo) = 0,019 e
t = tempo em anos (12 anos, no caso)

Assim, com base nos números disponíveis, adotados e informados, e mantendo-se a situação observada, é possível estimar em 37.919 toneladas a quantidade total de RS que seria coletada em Guajará ao longo dos próximos 15 anos (Tabela 1).

Tabela 1 - Estimativa do total de resíduos sólidos a serem coletados na cidade de Guajará ao longo dos próximos 15 anos.

Ano	População Estimada	Total de lixo por dia (kg)	Total de lixo por dia (ton)	Total de lixo por ano (ton)
2022	9.309	6051	6,05	2.209
2023	9.486	6166	6,17	2.251
2024	9.666	6283	6,28	2.293
2025	9.850	6403	6,40	2.337
2026	10.037	6524	6,52	2.381
2027	10.228	6648	6,65	2.427
2028	10.422	6774	6,77	2.473
2029	10.620	6903	6,90	2.520
2030	10.822	7034	7,03	2.568
2031	11.027	7168	7,17	2.616
2032	11.237	7304	7,30	2.666
2033	11.450	7443	7,44	2.717
2034	11.668	7584	7,58	2.768
2035	11.890	7729	7,73	2.821
2036	12.116	7875	7,88	2.875
Total de lixo recolhido em 15 anos				37.919

De acordo com D'Almeida e Vilhena (2000), a densidade do lixo depois de compactado e aterrado está em torno de 0,75 ton/m³. Assim, o volume total de lixo aterrado em 15 anos será:

$$37.919 \text{ ton} / 0,75 \text{ ton/m}^3 = 50.560 \text{ m}^3$$

Nos cálculos há que se levar em conta também o volume do material de cobertura (argila) das camadas de RS. Considerando-se uma relação de 1:2 entre cobertura e RS, o volume total do material de cobertura ao longo de 15 anos será:

$$50.560 \text{ m}^3 / 2 = 25.280 \text{ m}^3$$

Assim, o volume total de material aterrado, para uma vida útil de 15 anos, será:

$$50.560 \text{ m}^3 + 25.280 \text{ m}^3 = 75.840 \text{ m}^3$$

Caso o processo de aterramento dos RS seja executado pelo método *da trincheira ou vala*, que consiste na escavação de diversas valas e posterior preenchimento das mesmas com RS e material de cobertura até ao nível da superfície do terreno, a área necessária para a vida útil pretendida dependerá da profundidade das valas, conforme expresso no quadro a seguir:

Prof. das valas (m)	Área necessária (m ²)	Área necessária (ha)
1,0	75.840	7,6
2,0	37.920	3,8
3,0	25.280	2,5

Além da área destinada às valas há que se acrescentar no cálculo o espaço para as áreas de servidão (cinturão de vegetação, estradas internas, galpões, instalações de escritório e balança, etc), que não receberão despejo de RS. Estima-se que as áreas de servidão ocupem cerca de 20% do terreno total do aterro. Assim, para Guajará, tomando como exemplo um aterro com valas de 2,0 metros de profundidade média, para uma vida útil de 15 anos o terreno deverá apresentar aproximadamente a seguinte área:

$$3,8 \text{ ha} + 3,8 \times 0,2 = \mathbf{4,6 \text{ ha}}$$

Por outro lado, se no projeto do aterro, após o fechamento das valas, for feita a opção de se elevar pilhas dos RS alguns metros acima da superfície do terreno (rampas), a área necessária para o empreendimento será bastante reduzida. De modo semelhante, se for implantado em Guajará, conforme planejado pelos atuais gestores municipais, um programa intensivo de coleta seletiva, triagem, reciclagem e compostagem, o volume de RS descartados no aterro sanitário será significativamente reduzido, o que representará redução na área necessária para sua instalação e operação. Recomenda-se trabalhar para que a diferença entre o volume de RS produzidos e o volume de RS destinados ao aterro seja a máxima possível, não menos que 50%.

3. DESCRIÇÃO DA ÁREA AVALIADA E ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

A área selecionada para avaliação técnica faz parte da propriedade (fazenda) do Sr. Ivo Tomé, tem 7,5 hectares e situa-se 8km a nordeste, em linha reta, do centro urbano. O acesso ao local, a partir da zona urbana, é feito, em sua maior parte, por ramais não pavimentados, porém com boa trafegabilidade. O percurso total rodoviário para se chegar à área perfaz cerca de 12km (Figura 1).

A região está inserida na bacia hidrográfica de um curso d'água conhecido como igarapé Badejo, que deságua no rio Ipixuna, importante tributário do rio Juruá. A área avaliada não é cortada por nenhuma drenagem (Figura 4).

Trata-se de terreno com topografia muito plana, com altitudes em torno de 188-190 metros, assentado sobre solos classificados pela Embrapa/CPRM como "Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos" (EMBRAPA, c2022), derivados dos arenitos argilosos pleistocênicos da Formação Içá, rochas sedimentares que se estendem por grande parte da Bacia Amazônica ocidental. Não há mais floresta nativa no terreno, que está integralmente coberto por pasto plantado para criação de gado, com esparsos arbustos e árvores baixas (Figuras 5 e 6).

Segundo as normas NBR 10157/87 e 13896/97 da ABNT, que tratam dos critérios para projeto, construção e operação de aterro de resíduos perigosos e não perigosos, o empreendimento deve estar localizado a uma distância mínima de 200m de cursos d'água, *ressalvando, porém, que o órgão estadual de meio ambiente poderá alterar essa distância.*

Os trabalhos de campo se iniciaram com o reconhecimento preliminar do terreno e suas adjacências, por meio de caminhadas, o que permitiu avaliar a topografia local e verificar que não há nenhum curso d'água no interior ou no entorno imediato da área de estudo. As drenagens mais próximas ficam a mais de 200m conforme se observa na Figura 6. Desse modo, em acordo com as normas (ABNT, 1987, 1997), a integralidade da área foi considerada apta para avaliação e sondagem, ou seja, o polígono original de 7,5 hectares, cujos vértices são informados na Tabela 2 e visualizados na Figura 6.

Tabela 2 - Coordenadas geográficas dos quatro vértices da área avaliada (vide Figura 6)

Vértice	Latitude	Longitude
V1	-7.474078°	-72.557198°
V2	-7.473376°	-72.556542°
V3	-7.476387°	-72.552481°
V4	-7.477629°	-72.553124°

Na sequência, com vistas a atender à legislação pertinente (normas técnicas da ABNT) e à obtenção de subsídios para elaboração de um laudo técnico mais conciso, foi programada uma campanha de perfurações na área selecionada de 7,5 ha, com auxílio de trado manual (Figura 6). Neste caso, os principais objetivos das sondagens a trado foram:

- avaliação visual e coleta de amostras do solo e subsolo para ensaios granulométricos;
- definição da profundidade do nível local da água subterrânea (NA ou nível freático).

Lembra-se que, do ponto de vista geológico-ambiental, para dar suporte a um aterro sanitário é fortemente recomendado que o terreno apresente subsolo argiloso, argilo-siltoso ou argilo-arenoso, o que dificulta a infiltração dos contaminantes, e o nível freático afastado da superfície. Segundo as normas supracitadas, entre a superfície inferior do aterro e o mais alto nível do lençol freático deve haver uma camada de espessura mínima de 1,5m de solo insaturado, sendo que o nível deve ser medido logo após o período de maior precipitação pluviométrica na região.

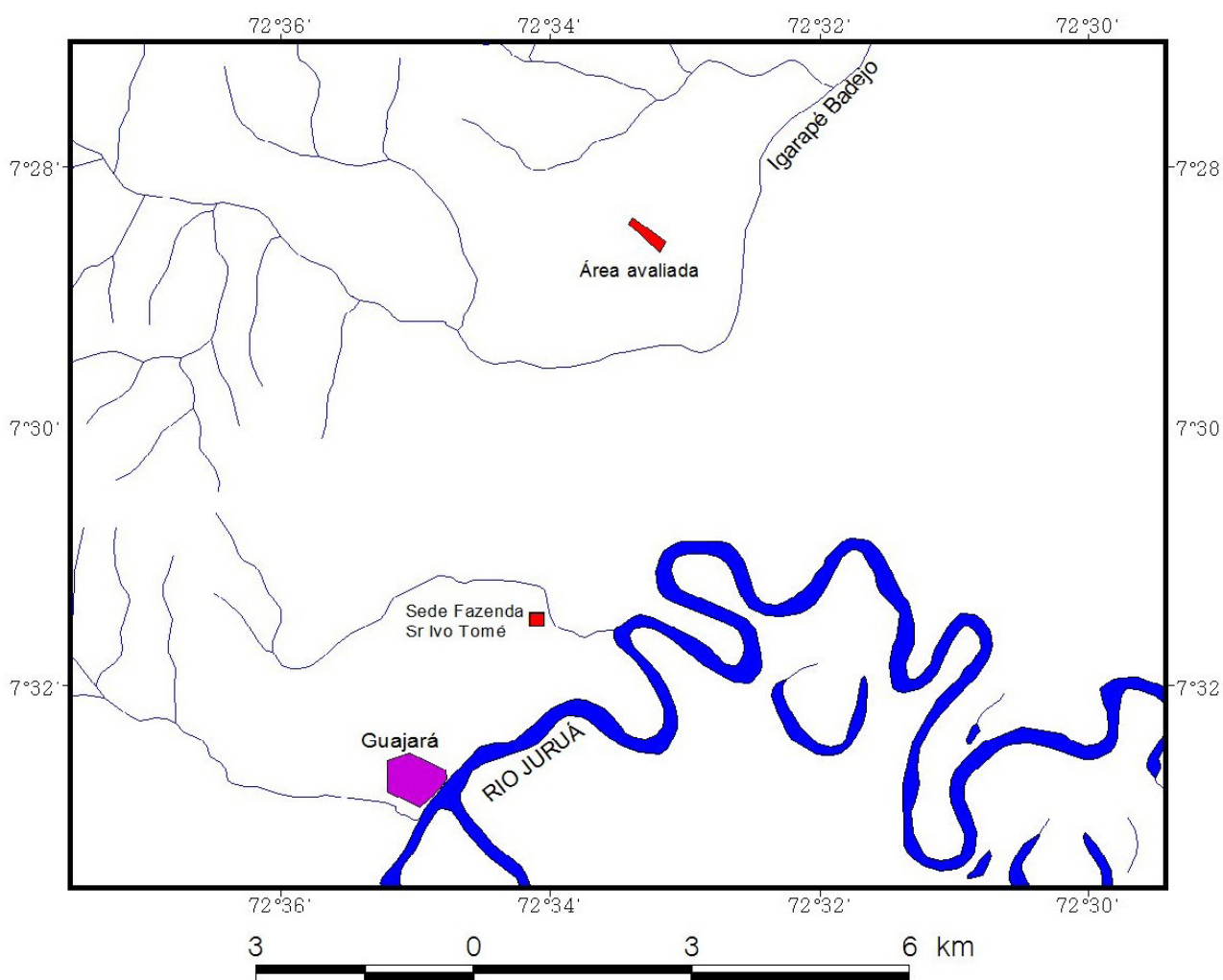


Figura 4 - Situação da área avaliada em relação aos principais cursos d'água mais próximos, que fazem parte da bacia do Igarapé Badejo, afluente do rio Ipixuna.



Figura 5 - Vistas do terreno da área avaliada; na última foto, em segundo plano, observa-se a mata ciliar de uma drenagem situada a mais de 200m da área.



Figura 6 - Imagem de satélite de alta resolução (julho/2019) com a situação em detalhe da área de 7,5 ha avaliada para implantação do aterro sanitário de Guajará, com a localização dos três furos de trado realizados e das drenagens mais próximas. Os pontos V1 a V4 são os vértices da área, cujas coordenadas geográficas estão informadas na Tabela 2. Fonte: Google, c2022.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Foram feitas três perfurações a trado na área selecionada, cujas profundidades variaram de 6,2 a 8,0m, sendo que as duas mais profundas atingiram o nível real das águas subterrâneas (NA), e todas interceptaram um nível d’água suspenso (freático), associado à infiltração de águas pluviais até uma camada mais impermeável (Figura 6 e Tabela 3).

O desenvolvimento das perfurações foi acompanhado pelo geólogo responsável, com descrição detalhada dos perfis de solo atravessados e seleção de amostras para ensaios de granulometria no Laboratório de Análises de Solos e Plantas da Embrapa Amazônia Ocidental - Manaus, cujos resultados se encontram em boletim anexo a este laudo.

Tabela 3 - Características das sondagens executadas na área selecionada para Guajará.

Furo	Coordenadas UTM (Zona 18S)	Cota Aprox. (m)	Profund. Final (m)	Nível de Água Suspenso (m)	Nível das Águas Subterrâneas (m)
GUJ-01	9172943 N 769830 E	190	8,00	2,10	6,10
GUJ-02	9173080 N 769705 E	189	6,90	1,95	6,20
GUJ-03	9172853 N 770000 E	190	6,20	3,20	Não atingido

As observações “ao pé das sondagens” e os resultados dos ensaios promovidos pela Embrapa definiram os seguintes perfis de solo/subsolo:

FURO GUJ-01 (Figura 7):

- 0,00 a 0,10m: solo orgânico, areno-argiloso, marrom-escuro a preto;
- 0,10 a 0,60m: solo areno-argiloso a argilo-arenoso, amarronzado;
- 0,60 a 2,00m: solo areno-argilo-siltoso (47-54% de areia fina-média, 24-31% de argila e 22% de silte), alaranjado-claro (cor de tijolo), de fácil perfuração e mais argiloso com a profundidade. Abaixo de 1,50m ocorrem algumas manchas róseas e avermelhadas;
- 2,00 a 4,30m: solo mosqueado, areno-argilo-siltoso a argilo-areno-siltoso (38-40% de areia fina-média, 31-38% de argila e 24-30% de silte), amarelado/avermelhado/róseo/roxo, com nível d'água suspenso na profundidade de 2,10m. A partir de 3,30m o material torna-se muito endurecido e seco, de difícil penetração ao trado. Abaixo de 4,10m ocorre enriquecimento em areia fina e surgimento de cor creme;
- 4,30 a 6,10m: solo areno-silto-argiloso (42-50% de areia fina-grossa, 32-35% de silte e 18-23% de argila), compacto, mosqueado em amarelado, creme e róseo. Provável NA no final deste intervalo;
- 6,10 a 8,00m: areia siltosa (64% de areia fina-grossa, 22% de silte e 14% de argila), rósea-avermelhada e amarelada, com vênulas esbranquiçadas. Presença de intercalações centimétricas de argila arenosa.

FURO GUJ-02 (Figura 8):

- 0,00 a 0,10m: solo orgânico, argilo-arenoso, marrom-escuro a preto;
- 0,10 a 0,50m: solo areno-argiloso a argilo-arenoso, amarronzado;
- 0,50 a 1,80m: solo areno-argilo-siltoso (52% de areia fina-média, 25% de argila e 23% de silte), amarelado a alaranjado-claro, de fácil perfuração. Abaixo de 1,30m ocorrem algumas manchas róseas que aumentam com a profundidade;
- 1,80 a 4,75m: solo mosqueado, areno-argilo-siltoso (39-40% de areia fina-média, 30-34% de argila e 25-31% de silte), amarelado/avermelhado/róseo/roxo, com nível d'água suspenso na profundidade de 1,95m, e presença de plintitas (grãos de óxidos de ferro endurecidos) em formação. A partir de 2,90m o solo torna-se muito endurecido e seco, de difícil penetração ao trado. Abaixo de 3,90m o material fica mais claro, com o surgimento da tonalidade creme, diminuição das plintitas, e de mais fácil penetração (mais siltoso);
- 4,75 a 6,20m: solo areno-silto-argiloso (58% de areia fina-grossa, 25% de silte e 17% de argila), mosqueado em amarelado, creme e róseo-avermelhado. Provável NA no final deste intervalo;
- 6,20 a 6,90m: areia siltosa, fina-grossa, rósea-avermelhada e amarelada, com vênulas esbranquiçadas.

FURO GUJ-03 (Figura 9):

- 0,00 a 0,10m: solo orgânico, argilo-arenoso, marrom-escuro a preto;
- 0,10 a 0,60m: solo argilo-arenoso a areno-argiloso, amarronzado;
- 0,60 a 2,20m: solo areno-argilo-siltoso (48% de areia fina-média, 34% de argila e 18% de silte), amarelado a alaranjado-claro, de fácil perfuração, com alguns fragmentos milimétricos de carvão. Abaixo de 1,70m ocorrem algumas manchas róseas e avermelhadas que aumentam com a profundidade;
- 2,20 a 6,20m: solo mosqueado, argilo-areno-siltoso a areno-silto-argiloso (36-43% de areia fina-média, 28-41% de argila e 21-29% de silte), róseo/avermelhado/amarelado, com nível d'água suspenso na profundidade de 3,20m.

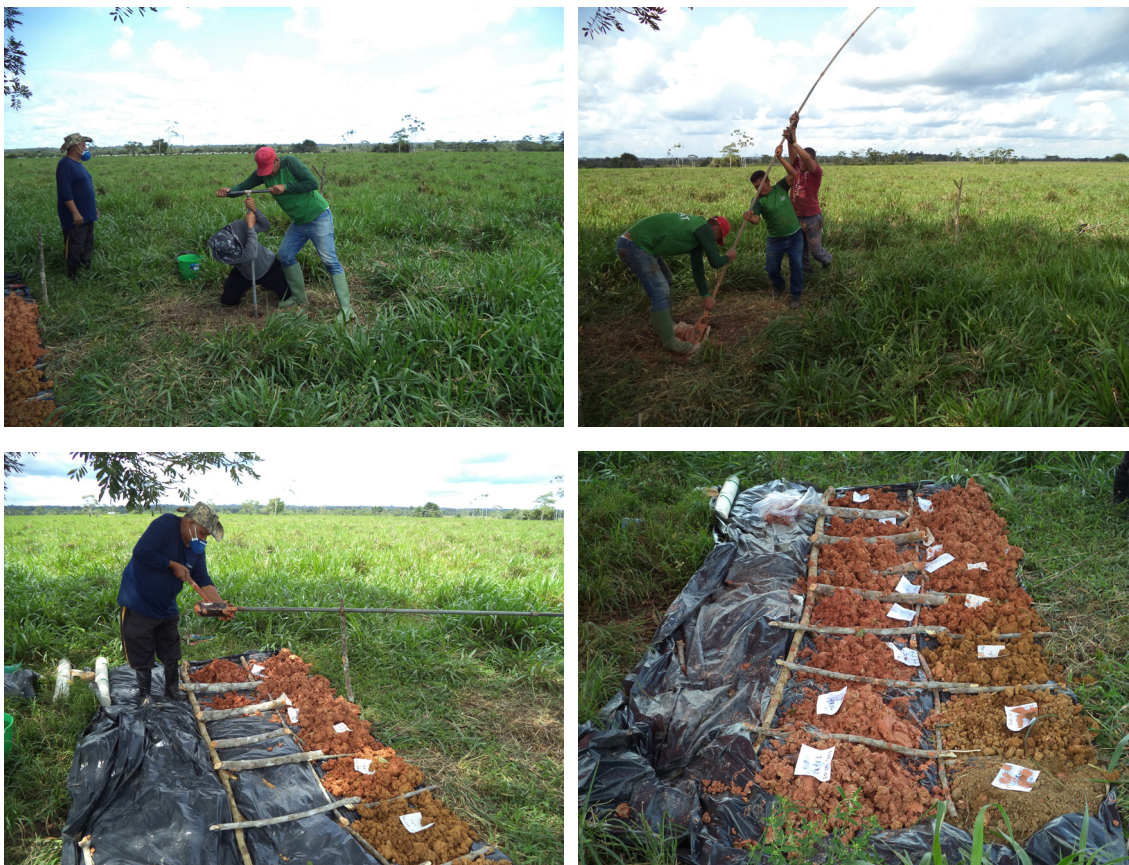


Figura 7 - Aspectos da perfuração e de todo o perfil de solo/subsolo atravessado pelo furo GJ-01.



Figura 8 - Aspectos da perfuração e dos solos mosqueados observados em dois intervalos do furo GJ-02.



Figura 9 - Aspectos da perfuração e de todo o perfil de solo/subsolo atravessado pelo furo GUJ-03.

Assim, com relação à textura dos solos investigados, conforme se observa na descrição dos furos, no laudo de análises granulométricas (anexo) e na Figura 10, a área avaliada assenta-se sobre um perfil de solo/subsolo que apresenta quatro classes granulométricas em subsuperfície: areno-argilo-siltoso, argilo-areno-siltoso, areno-silto-argiloso e areia siltosa.

Porém, o que se verifica nos resultados é que, com exceção do primeiro metro, até uma profundidade que varia de 4,50 a 5,00m ocorrem solos com predominância da fração fina (silte + argila) sobre a fração arenosa, com conteúdo de argila entre 23 e 41% e de silte entre 22 e 35%, ou seja, solos com aptidão para dar suporte a aterros sanitários (Figura 10). O perfil em questão, abaixo de uma delgada camada de solo orgânico (10cm), é composto basicamente por quatro horizontes, do topo para a base:

- solo areno-argilo-siltoso (47-54% de areia fina-média, 24-34% de argila e 18-23% de silte), amarelado a alaranjado-claro (cor de tijolo), de fácil perfuração, com espessura de 1,8 a 2,0m, sendo que nos últimos 40-50cm ocorrem manchas róseas e avermelhadas que aumentam com a profundidade, numa passagem gradativa para o horizonte inferior. Na camada superficial (até 50-60cm), mais oxidada, o solo apresenta uma tonalidade amarronzada;
- solo mosqueado, areno-argilo-siltoso a argilo-areno-siltoso (36-43% de areia fina-média, 28-41% de argila e 21-31% de silte), amarelado/avermelhado/róseo/roxo, com nível d'água suspenso em profundidade que varia de 2,0 a 3,2m. A espessura deste horizonte está entre 2,30 e 4,00m;
- solo areno-silto-argiloso (42-58% de areia fina-grossa, 25-35% de silte e 17-23% de argila), compacto, mosqueado em amarelado, creme e róseo, com provável NA no final e com espessura variando de 1,5 a 1,8m;
- areia siltosa (64% de areia fina-grossa, 22% de silte e 14% de argila), rósea-avermelhada e amarelada, com vênulas esbranquiçadas.

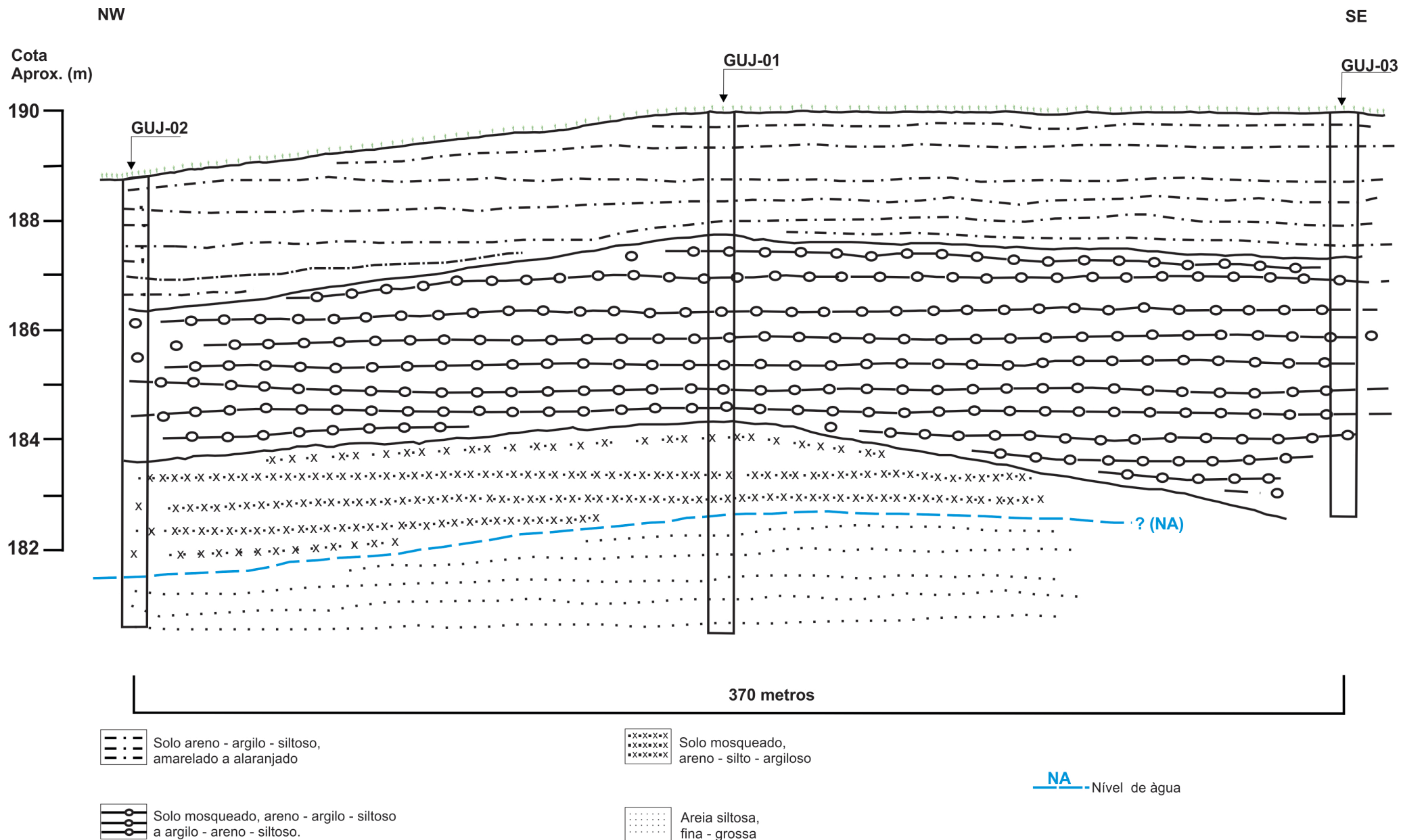


Figura 10 - Perfil NW-SE do solo/subsolo na área avaliada para implantação do aterro sanitário de Guajará com base nos furos G.U.J 01,02 e 03.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pelo exposto nos itens anteriores, e conforme apresentado nas figuras 6 e 10, os estudos realizados definiram que a área avaliada possui **boa aptidão técnica** para servir como local de implantação do aterro sanitário de Guajará, que, se operar de maneira correta, deverá ter vida útil de mais de 15 anos.

Os resultados das investigações de campo e das perfurações executadas revelaram **três fatores técnicos positivos e um negativo** no que diz respeito à aptidão dessa área em dar suporte ao aterro sanitário:

- o primeiro fator positivo é a textura do horizonte superficial do solo, onde, com exceção do primeiro metro, predomina a fração granulométrica mais fina (argila + silte) sobre a fração arenosa em toda a área investigada. Esse horizonte, com 3,5 a 4,0m de espessura, constitui um substrato pouco permeável que poderá funcionar como selante ou filtro da base do aterro, dificultando sobremaneira a infiltração e dispersão dos contaminantes aí gerados (chorume, metais pesados, etc);
- o segundo é o fato de o terreno apresentar o nível das águas subterrâneas (NA) abaixo de 6,0m de profundidade. Não é um NA profundo e poderá estar até 2m mais elevado no final do período chuvoso (maio/junho), mas ainda assim permitirá que as valas do aterro tenham, a depender da porção do terreno que será utilizada, entre 2,0 e 2,5m de profundidade, o que manterá uma camada de solo insaturado de pelo menos 1,5m de espessura entre a base do aterro e o NA conforme recomendado pelas normas técnicas;
- o terceiro fator positivo é que todo o perímetro da área em questão está situado a mais de 200m de qualquer curso d'água, o que está de acordo com as normas técnicas;
- o fator negativo, também associado à baixa permeabilidade dos solos aliada à topografia plana do terreno, é a existência de um nível freático suspenso raso (entre 2,0 e 3,2m de profundidade) que deverá ser obrigatoriamente drenado de modo a permitir, sem empecilhos, o andamento adequado das operações do aterro nos períodos chuvosos.

Portanto, levando-se em conta as dificuldades naturais e fundiárias que os gestores de Guajará têm para encontrar um local ideal para implantação do aterro sanitário municipal, a área avaliada pode ser utilizada perfeitamente para esse fim, porém com uma importante ressalva técnica relatada a seguir.

No projeto de concepção e implantação do futuro aterro, apesar da baixa permeabilidade dos solos locais, é indispensável e obrigatória a instalação de mantas impermeabilizantes espessas e resistentes na base de toda a área a ser utilizada para despejo dos resíduos sólidos, de modo a garantir que os contaminantes fiquem isolados e não migrem para os aquíferos locais. Do mesmo modo, é fundamental a instalação de drenos verticais e horizontais para captação de gás e chorume, o qual deverá ser conduzido para tanques de tratamento. Em outras palavras, o depósito de resíduos sólidos de Guajará deverá ser construído e operado conforme as normas de engenharia preconizadas para um aterro sanitário e não como uma lixeira.

Com relação à drenagem superficial da área, as características dos solos e relevo farão com que o terreno em questão se torne alagadiço nos períodos chuvosos, ensejando soluções de engenharia para a drenagem pluvial, de modo que as águas de precipitação sobre o aterro escoem rapidamente para os igarapés do entorno sem comprometer a qualidade dos corpos fluviais, o que também contribuirá para a redução da infiltração das águas pluviais no corpo do aterro e a consequente redução na geração de chorume.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR 10157*. Aterros de resíduos perigosos – critérios para projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1987, 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR 13896*. Aterros de resíduos não perigosos – critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 12p.

BRASIL. *Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2010a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 28 jul. 2022.

BRASIL. *Lei n. 14.026, de 15 de julho de 2020*. Brasília, 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 28 jul. 2022.

D'ALMEIDA, Maria Luiza Otero; VILHENA, André (coord.). *Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado*. 2. ed. São Paulo: IPT; CEMPRE, 2000. 370p.

EMBRAPA. PronaSolos. Disponível em: <https://geoportal.cprm.gov.br/pronasolos/>. Acesso em: 10 fev. 2022."

IBGE. Sinopse preliminar do Censo demográfico, Rio de Janeiro, v. 7, 2000. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/308/cd_2000_v7.pdf. Acesso em: 21 jul. 2022.

IBGE. Sinopse do Censo demográfico: 2010. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv49230.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2022.

ANEXO

LAUDOS DAS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS REALIZADAS NA EMBRAPA
AMAZÔNIA OCIDENTAL



EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL
LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE SOLOS E PLANTAS - LASP
Resultados analíticos - Física do Solo

Remetente: CPRM

Data de Entrada: 15/02/2022

Endereço: Guajará - AM

Data de Saída: 01/04/2022

Número do Prot.	Identificação das amostras (Profundidade em cm)	AREIA GROSSA	AREIA FINA	AREIA TOTAL	SILTE	ARGILA	Classificação textural do solo
		2.00-0.20 mm	0.20-0.05 mm	2.00-0.05 mm	0.05-0.002 mm	<0.002 mm	
		(g/kg)					
43	0,5-1,0 GUJ-01	147,49	390,85	538,34	220,66	241,00	Franco Argilo Arenoso
44	1,0-2,0	127,54	343,18	470,71	218,79	310,50	Franco Argilo Arenoso
45	2,0-3,0	122,86	258,15	381,01	236,49	382,50	Franco Argiloso
46	3,0-4,0	77,95	314,73	392,68	299,32	308,00	Franco Argiloso
47	4,5-5,0	76,14	348,07	424,21	349,29	226,50	Franco
48	5,0-6,0	293,72	206,39	500,11	324,89	175,00	Franco
49	6,0-7,0	551,97	87,96	639,94	221,07	139,00	Franco Arenoso
50	0,5-1,5 GUJ-02	131,93	385,04	516,97	227,53	255,50	Franco Argilo Arenoso
51	2,0-3,0	142,58	259,74	402,32	254,18	343,50	Franco Argiloso
52	3,0-4,0	83,28	310,97	394,25	286,75	319,00	Franco Argiloso
53	4,0-4,5	75,21	315,29	390,50	313,00	296,50	Franco Argiloso
54	5,0-6,0	463,99	112,08	576,07	245,44	178,50	Franco Arenoso
55	1,0-1,5 GUJ-03	109,29	367,58	476,87	182,63	340,50	Franco Argilo Arenoso
56	2,5-3,0	34,79	339,10	373,90	213,60	412,50	Argila
57	3,0-4,0	45,17	317,96	363,13	272,37	364,50	Franco Argiloso
58	4,0-5,0	28,60	398,18	426,78	292,22	281,00	Franco Argiloso

Observação: A Embrapa Amazônia Ocidental, na qualidade de prestadora dos serviços de análises, não se responsabiliza pela(s) coleta(s) da(s) amostra(s) ficando a(s) mesma(s) sob a responsabilidade do(s) cliente(s) / remetente(s).

O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de 17 *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O Serviço Geológico do Brasil – CPRM atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em três grandes linhas de atuação:

- Geologia e Recursos Minerais;
- Geologia Aplicada e Ordenamento Territorial;
- Hidrologia e Hidrogeologia.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.

ÁREA DE ATUAÇÃO GEOCIÊNCIAS

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



LEVANTAMENTOS BÁSICO DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



PREVISÃO DE ALERTA DE CHEIAS E INUNDAÇÕES



AGROGEOLOGIA



LEVANTAMENTOS BÁSICO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



RISCO GEOLÓGICO



GEODIVERSIDADE



PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



GEOLOGIA MÉDICA



RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



ÁREA DE ATUAÇÃO SERVIÇOS COMPARTILHADOS

GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



PALEONTOLOGIA



PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



REDE DE BIBLIOTECAS



REDE DE LITOTECAS



ÁREA DE ATUAÇÃO PROGRAMAS INTERNOS

SUSTENTABILIDADE



PRÓ-EQUIDADE



COMITÊ DE ÉTICA



Maiores informações: <http://www.cprm.gov.br/publique/Sobre-a-CPRM/Responsabilidade-Social/Objetivos-de-Desenvolvimento-Sustentavel---ODS-319>

Sede Brasília

Setor Bancário Norte - SBN
Quadra 02, Asa Norte
Bloco H - Edifício Central Brasília
Brasília - DF
CEP 70040-904
Tel.: (61) 2108-8400

Escritório Rio de Janeiro - ERJ

Av. Pasteur, 404 - Urca
Rio de Janeiro - RJ
CEP 22290-255
Tel.: (21) 2295-0032

Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

Tel.: (31) 3878-0337

Departamento de Gestão Territorial

Tel.: (51) 3406-7307

Divisão de Geologia Aplicada

Tel.: (11) 3775-5152

Divisão de Gestão Territorial

Tel.: (21) 2546-0419

Ouvidoria

Tel.: (21) 2295-4697
ouvidoria@cprm.gov.br

Serviço de Atendimento ao Usuário (SEUS)

Tel.: (21) 2295-5997
seus@cprm.gov.br

www.cprm.gov.br

