

**AVALIAÇÃO TÉCNICA DE ÁREA PARA
IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DA CIDADE
DE BOA VISTA DO RAMOS (AM)**



Agosto/2014

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
Superintendência Regional de Manaus

Marco Antonio Oliveira
Superintendente Regional

André Luís M. Real dos Santos
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

José Luiz Marmos
Supervisor de Gestão Territorial

Equipe Técnica Responsável pelo Laudo
Geóloga Larissa Neves Lago
Sondador Valdemilton Gusmão

1 ANTECEDENTES

Os resíduos sólidos coletados pela Prefeitura Municipal de Boa Vista do Ramos estão sendo depositados, a mais de 10 anos, na lixeira municipal situada na Estrada das Palmeiras (Figuras 1 e 2). Essa lixeira se localiza a uma distância de aproximadamente 2km do centro da zona urbana, e seja nos aspectos técnicos, legais ou operacionais, encontra-se numa situação inadequada. Nesse sentido, a atual administração municipal, levando em conta a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/10 e Decreto Federal 7404/10), 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.

Em busca de uma solução que culmine com o encerramento definitivo das atividades da citada lixeira, os gestores de Boa Vista do Ramos selecionaram uma área para implantação do Aterro Sanitário Municipal, de modo a coletar, transportar e dar disposição final aos resíduos sólidos da cidade de maneira ambientalmente correta. A área está situada a aproximadamente 6 km do centro da cidade, em local com acesso rodoviário (Figura 3).

Com vistas à elaboração de projeto e posterior implantação do aterro, a Secretaria Municipal de Desenvolvimento e Meio Ambiente de Boa Vista do Ramos - SEMDEMA, por meio do Ofício no. 020/2014, solicitou apoio à CPRM – Serviço Geológico do Brasil para avaliar a aptidão técnica da área pré-selecionada em dar suporte a tal tipo de empreendimento no que diz respeito aos atributos geológicos, geomorfológicos e hidrológicos. Com esse objetivo, o a geóloga Larissa Neves Lago, 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 03 a 09 de julho de 2014.



Figura 1: Imagem de satélite de alta resolução (Google Earth) da cidade de Boa Vista do Ramos e seu entorno com a localização da lixeira atual.



Figura 2: Fotos da lixeira atual da cidade de Boa Vista do Ramos, onde se observa o lixo a céu aberto.

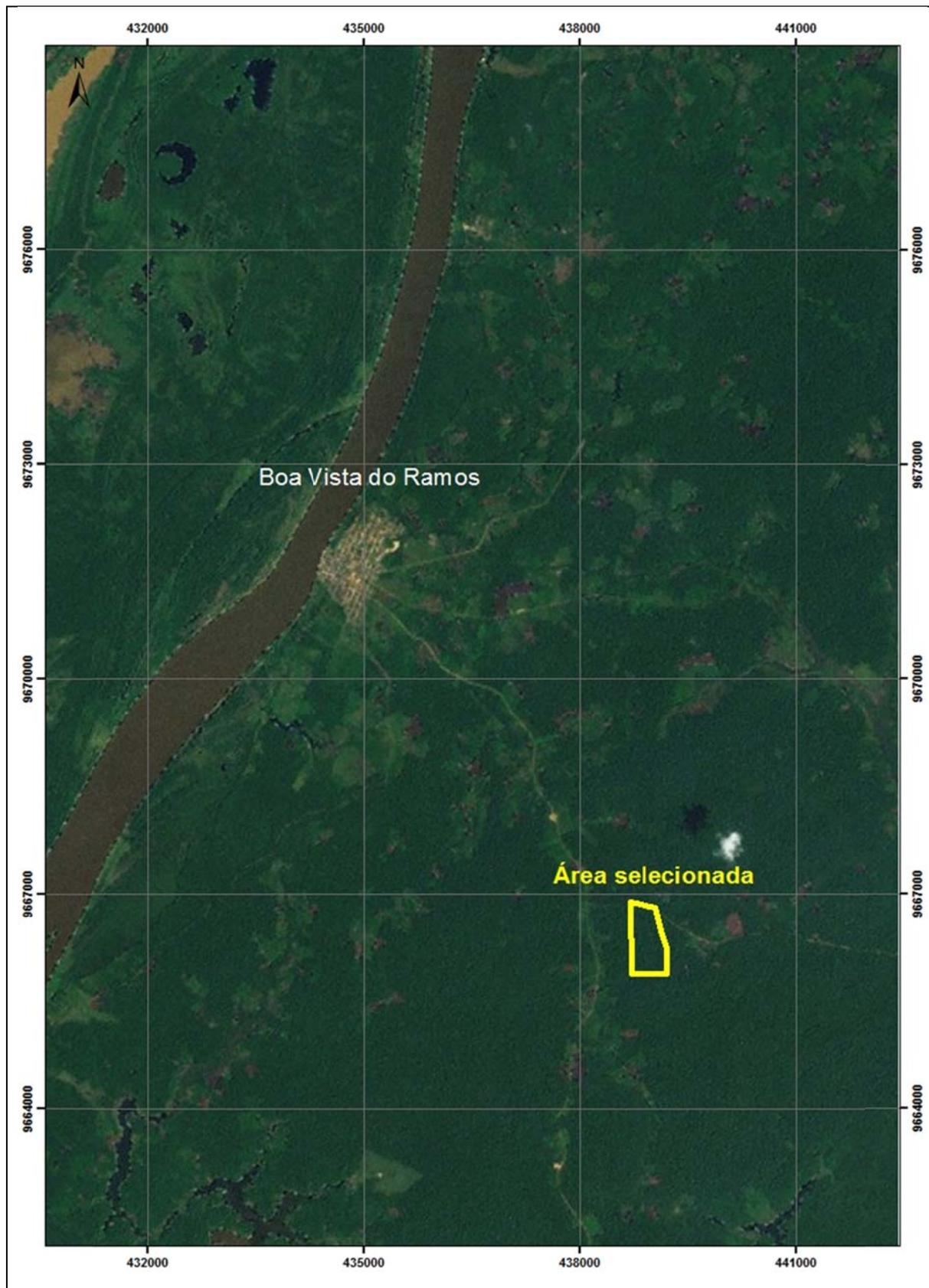


Figura 3: Imagem de satélite alta resolução (Google Earth) com a localização da área selecionada para o estudo de viabilidade do aterro sanitário de Boa Vista do Ramos.

2. CÁLCULO DA ÁREA NECESSÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO

Para este cálculo, devido à falta de informações oficiais sobre a quantidade de resíduos sólidos coletados diariamente na cidade de Boa Vista do Ramos, optou-se por utilizar o valor médio estimado para o Estado do Amazonas, obtido dos estudos de Andrade (1999), que é de 0,8kg/habitante/dia. O parâmetro em questão é essencial para o cálculo da área superficial necessária para instalação de aterro sanitário com uma 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 (IPT, 2000). Com isso, neste laudo, no entanto, levando-se em consideração a Política Nacional de Resíduos Sólidos, 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 Boa Vista do Ramos (7.550 habitantes, de acordo com o censo do IBGE 2010) e a taxa média de crescimento anual dessa população (calculada em 4,5% quando se comparam os dados dos últimos 10 anos – censos IBGE de 2000 e de 2010). Portanto, utilizando-se a informação obtida a partir do estudo de Andrade (1999), a quantidade média de resíduos sólidos produzidos atualmente na zona urbana de Boa Vista do Ramos (população de 9.003 habitantes em 2014) é de aproximadamente 7.200 kg por dia.

Assim, com base nos números disponíveis, adotados e informados, e mantendo-se a situação observada, é possível estimar em **54.638** toneladas a quantidade total de resíduos sólidos que seria coletada em Boa Vista do Ramos ao longo dos próximos 15 anos (Tabela 1).

Ano	População Estimada *	Total de lixo por dia **	Total de lixo por ano **
2014	9.003	7,20	2.629
2015	9.408	7,53	2.747
2016	9.831	7,86	2.871
2017	10.274	8,22	3.000
2018	10.736	8,59	3.135
2019	11.219	8,98	3.276
2020	11.724	9,38	3.423
2021	12.252	9,80	3.578
2022	12.803	10,24	3.738
2023	13.379	10,70	3.907
2024	13.981	11,18	4.082
2025	14.610	11,69	4.266
2026	15.268	12,21	4.458
2027	15.955	12,76	4.659
2028	16.673	13,34	4.869
Total de lixo recolhido em 15 anos			54.638

*Zona urbana de Boa Vista do Ramos; ** em toneladas

Tabela 1 – Estimativa do total de resíduos sólidos coletados pelo serviço público de limpeza, na cidade de Boa Vista do Ramos, ao longo dos próximos 15 anos.

De acordo com IPT (2000), a densidade do lixo depois de compactado e aterrado está em torno de $0,75 \text{ ton/m}^3$. Assim, o volume total de lixo aterrado em 15 anos será:

$$54.638 \text{ ton} / 0,75 \text{ ton/m}^3 = 72.850 \text{ m}^3$$

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

$$72.850 \text{ m}^3 / 2 = 36.425 \text{ m}^3$$

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

$$72.850 \text{ m}^3 + 36.425 \text{ m}^3 = 109.275 \text{ m}^3$$

Caso o processo de aterramento do lixo seja executado pelo método *da trincheira ou vala*, que consiste na escavação de diversas valas e posterior preenchimento das mesmas com lixo 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 abaixo:

Prof. das valas (m)	Área necessária (m^2)	Área necessária (ha)
1,0	109.275	10,9
2,0	54.637	5,5
3,0	36.425	3,6
4,0	27.319	2,7

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 lixo. Estima-se que as áreas de servidão ocupem cerca de 20% do terreno total do aterro. Assim, para Boa Vista do Ramos, tomando como exemplo um aterro com valas de 3,0 metros de profundidade média, plenamente factível no local avaliado conforme se verá adiante, para uma vida útil de 15 anos o terreno deverá apresentar aproximadamente a seguinte área:

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

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

3. DESCRIÇÃO DA ÁREA AVALIADA E ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

A área inicial indicada para avaliação técnica, pertencente ao Governo do Estado do Amazonas, tem aproximadamente 40 hectares e está localizada a 6 km do centro urbano de Boa Vista do Ramos. Encontra-se inserida na bacia hidrográfica do Paraná do Ramos, curso d'água que corresponde a um braço do rio Amazonas, sendo limitada ao norte pela Estrada do Aninga, sua principal via de acesso (Figura 3).

Trata-se de terreno plano, com cota altimétrica em torno de 35 – 40 metros, assentado sobre solos derivados, segundo o mapa geológico da região, de rochas sedimentares da Formação Alter do Chão. Foi observado, durante as sondagens, que o horizonte superior do solo (até 3 - 4 metros de profundidade) é argilo-siltoso a argilo-arenoso, e, mais abaixo, é predominantemente argiloso com presença de seixos de laterita. A cobertura vegetal da área é representada principalmente por mata nativa.

Devido à morfologia plana e ao substrato predominantemente argiloso do local, em duas porções abatidas do terreno há formação de lagos temporários de pequeno porte (lagos que armazenam água apenas durante e logo após a época chuvosa), um no limite sudeste da área e outro no interior da mesma, em sua região nordeste (Figura 4). Tais lagos são rasos, não estão ligados à rede de drenagem local e estavam secos durante os trabalhos de campo. 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 trilhas e picadas abertas nas áreas de mata nativa. Esse reconhecimento permitiu a identificação mais precisa do formato dos lagos temporários e da topografia da região.

Essas informações foram plotadas no mapa-base, com auxílio de aparelho GPS, e serviram para orientar a locação das sondagens a partir da criação de “buffers” (zonas de proteção) de 200 metros no entorno desses lagos. Desse modo, foi descartada para avaliação a maior porção do terreno, inserida no interior desses “buffers”, e, assim, os estudos de detalhe se concentraram numa área de 8,2 hectares, dominada por mata nativa (Figura 4).

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 8,2 ha, com auxílio de trado manual. 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 a 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 a época de maior precipitação pluviométrica na região.

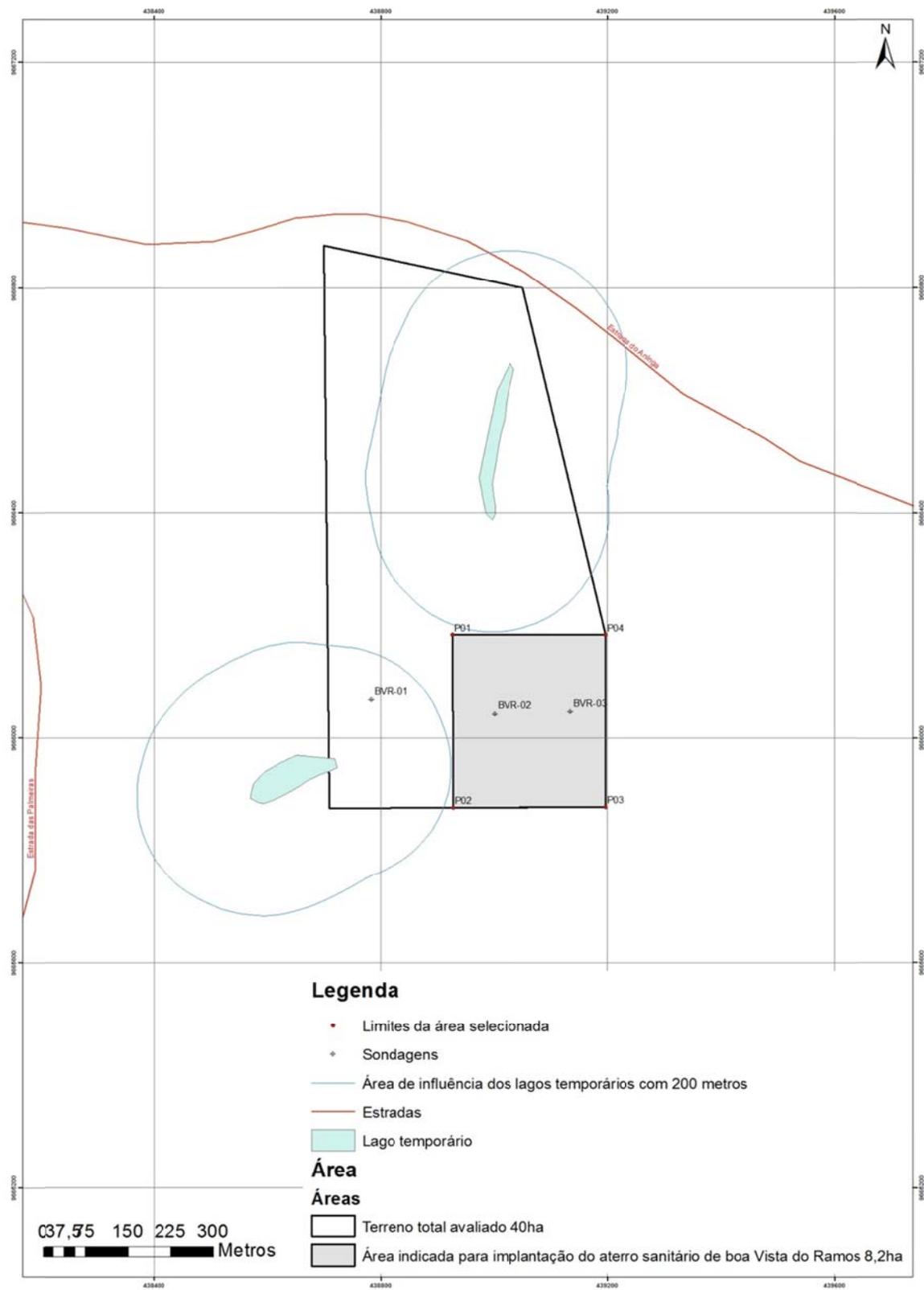


Figura 4: Mapa de detalhe da região de estudo com a situação da área selecionada (8,2 ha) para avaliação técnica de detalhe com a localização dos furos de trado realizados.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Foram feitas duas perfurações a trado na área selecionada de 8,2 ha e uma nas imediações a oeste, em local de cota mais baixa onde foi possível atingir o nível das águas subterrâneas (NA). As profundidades das sondagens variaram de 7,0 a 8,0 metros (Figura 4 e Tabela 2), sendo que apenas uma delas (BVR-01) atingiu o NA.

O desenvolvimento das perfurações foi acompanhado pela geóloga responsável, com descrição detalhada do perfil de solo atravessado e seleção de diversas amostras para ensaios físicos (análises 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.

Furo	Coordenadas UTM (Zona 21S)	Cota Aproxim. (m)	Profund. Final (m)	Nível Freático (m)	Cobertura Vegetal
BVR-01	438784 E 9666068 N	38	7,0	6,2	Mata Nativa
BVR -02	439002 E 9666043 N	39	7,0	Não atingido	Mata Nativa
BVR -03	439135 E 9666047 N	40	8,0	Não atingido	Mata Nativa

Tabela 2: Características das sondagens a trado executadas na área selecionada.

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

FURO BVR-01 (Figura 5):

- 0,00 a 0,50m: solo orgânico argiloso de cor marrom;
- 0,50 a 2,00m: solo argiloso, com pouca areia fina-média (cerca de 80% de argila e 15% de areia), de cor marrom-clara;
- 2,00 a 4,00m: solo argiloso, com alguma areia fina-média (60 a 80% de argila e 15 a 30% de areia), marrom, com grãos de laterita;
- 4,00 a 5,50m: argila arenosa (60% de argila e 30% de areia), marrom e vermelha, com seixos de laterita;
- 5,50 a 6,00m: argila siltosa (65% de argila e 20% de silte), vermelha, amarela e branca, com seixos de laterita;
- 6,00 a 7,00m: argila branca, vermelha e marrom.

* O nível d'água foi encontrado a 6,2 metros de profundidade.

FURO BVR-02 (Figura 6):

- 0,00 a 0,50m: solo orgânico argiloso de cor marrom escura;
- 0,50 a 4,00m: solo argilo-siltoso (cerca de 80% de argila e 10% de silte) marrom;
- 4,00 a 7,00m: argila siltosa, marrom e vermelha, com seixos de laterita.

FURO BVR -03 (Figura 7):

- 0,00 a 0,50m: solo orgânico argiloso de cor marrom escura;
- 0,50 a 3,50m: solo argilo-siltoso marrom;
- 3,50 a 4,50m: solo argilo-arenoso (cerca de 70% de argila e 20% de areia), marrom;
- 4,50 a 7,00m: argila arenosa (aproximadamente 65% de argila e 20% de areia), marrom e vermelha, com seixos de laterita;
- 7,00 a 8,00m: argila siltosa (50% de argila e 40% de silte) vermelha, cinza e amarela.



Figura 5: Aspectos da perfuração e do material atravessado em dois intervalos do furo BVR-01.



Figura 6: Aspectos da perfuração e do material atravessado em dois intervalos do furo BVR-02.



Figura 7: Aspectos da perfuração e do material atravessado pelo furo BVR-03.

Assim, pelas descrições acima, e conforme observado na Figura 8, se comprova que a área selecionada de 8,2 hectares apresenta, até cerca de 4 metros de profundidade, um perfil de solo predominantemente argiloso (conteúdo de argila variando de 70 a 80% e o de areia/silte entre 15 a 20%), que é o mais recomendado para dar suporte a um aterro sanitário. Abaixo do horizonte superior, o material ainda apresenta predomínio da fração argilosa (> 60%) e ocorrem seixos de laterita, e abaixo deste observa-se um horizonte de argila siltosa. Outra constatação importante é que o NA é relativamente profundo na área selecionada, tendo sido detectado a uma profundidade de 6,2 metros, somente no furo BVR-01, executado fora dos limites da área.

Essa área de 8,2 hectares é delimitada pelos seguintes vértices em coordenadas UTM da zona 21S (Figura 4):

Vértice	Longitude	Latitude
P1	438923	9666182
P2	438927	9665875
P3	439197	9665876
P4	439197	9666182

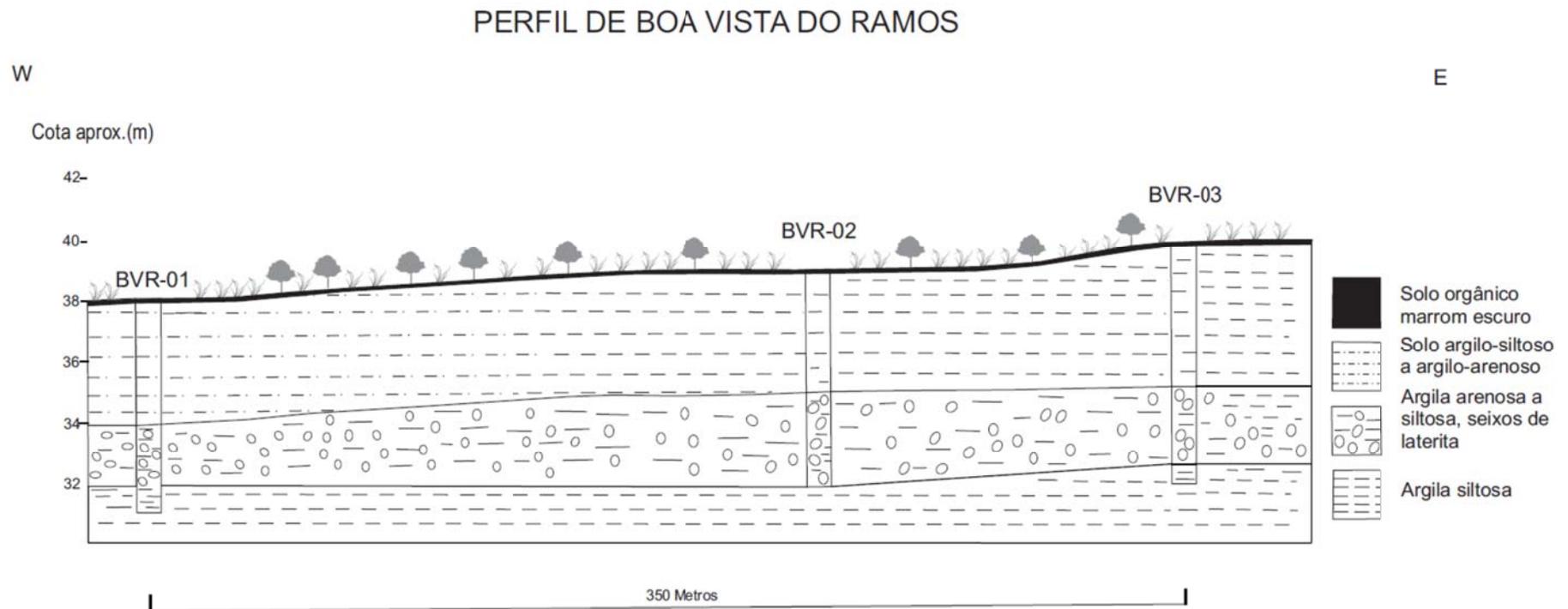


Figura 8: Perfil W-E do solo/subsolo na área avaliada para implantação do aterro sanitário de Boa Vista do Ramos com base nos furos BVR-01, 02 e 03.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pelo exposto acima, e conforme apresentado nas figuras 4 e 8, os estudos realizados definiram uma área com 8,2 hectares que possui **boa aptidão técnica** para servir como local de implantação do aterro sanitário de Boa Vista do Ramos, que, se operar de maneira racional, deverá ter vida útil de mais de 20 anos.

Essa consideração decorre do fato de as investigações de campo e das perfurações executadas revelarem dois **fatores técnicos positivos** no que diz respeito à aptidão dessa área em dar suporte ao aterro sanitário:

- primeiro fator positivo é a constatação de que o terreno apresenta o nível das águas subterrâneas (NA) abaixo de 7m de profundidade. Mesmo considerando que, no final do período chuvoso na região (maio-junho), o NA poderá estar até um metro mais elevado, ainda assim estará num nível totalmente compatível com a implantação de aterro sanitário no local;

- o segundo fator positivo, que pesa muito na avaliação técnica, é o caráter predominantemente argiloso do horizonte mais superficial do solo (cerca de 4,0m de espessura) em toda a área investigada, o que significa um substrato de permeabilidade baixa que terá capacidade selante adequada na base do aterro, pois não favorece a infiltração e dispersão dos contaminantes aí gerados (chorume, metais pesados, etc);

Com relação à profundidade das valas do possível aterro instalado nesse local, toma-se como parâmetro a espessura do horizonte de solo argiloso e, assim, recomenda-se que as valas tenham no máximo 3,0 - 3,5m de profundidade, o que manterá uma camada de baixa permeabilidade de pelo menos 1m de espessura abaixo da base do aterro e uma distancia segura do nível d'água.

Mesmo com os aspectos positivos, enfatiza-se que, no projeto de concepção e implantação do futuro aterro, 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 coletados em Boa Vista do Ramos, 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 Boa Vista do Ramos deverá ser construído e operado conforme as normas de engenharia preconizadas para um aterro sanitário e não como uma lixeira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, J. B. L. 1999. *Diagnóstico da situação atual do sistema de limpeza urbana no município de Parintins (AM)*. Relatório Interno. Parintins, 16p.

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

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

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 2000. *Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado*. Coordenação: Maria Luiza Otero D’Almeida, André Vilhena. 2^a. ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 370p.

ANEXO

**LAUDO DAS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS REALIZADAS NA
EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL**



Embrapa

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

Remetente: Companhia de Pesquisa de Recurso Mineralis

Data de Entrada: 14/07/2014
 Data de Saída: 07/08/2014

Número do Prot.	Identificação das amostras	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 (g/kg)	0.05-0.002 mm	>0.002 mm	
1804	1.00-2.00 m-BVR-01	93,31	48,59	141,91	55,10	803,00	Muito Argiloso
1805	2.00-3.00 m-BVR-01	91,13	49,94	141,07	72,43	786,50	Muito Argiloso
1806	3.00-4.00 m-BVR-01	209,55	78,17	287,72	110,78	601,50	Muito Argiloso
1807	4.00-5.00 m-BVR-01	226,72	62,76	289,48	111,02	599,50	Muito Argiloso
1808	5.00-6.00 m-BVR-01	76,79	46,44	123,24	223,76	653,00	Muito Argiloso
1809	1.00-2.00 m-BVR-02	60,73	25,49	86,22	76,28	837,50	Muito Argiloso
1810	2.00-3.00 m-BVR-02	59,82	27,28	87,10	91,39	821,50	Muito Argiloso
1811	3.00-4.00 m-BVR-02	60,31	28,43	88,73	112,26	799,00	Muito Argiloso
1812	4.00-5.00 m-BVR-03	119,49	67,29	186,77	124,23	689,00	Muito Argiloso
1813	5.00-6.00 m-BVR-03	178,19	46,29	224,48	118,02	657,50	Muito Argiloso
1814	7.00-8.00 m-BVR-03	68,77	29,43	98,20	391,79	510,00	Argila

Observação: A Embrapa Amazônia Ocidental, na qualidade de prestadora dos serviços de análises, não se responsabiliza pelo(s) coleta(s) da(s) amostra(s) ficando a(s) responsabilidade do(s) cliente(s) remete(n)s).

Dra Maria do Rosário Lobato Rodrigues
 Responsável - LASP