

AVALIAÇÃO TÉCNICA DE UMA ÁREA DESTINADA À
IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE FONTE BOA –
AMAZONAS



COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

Superintendência Regional de Manaus

Marco Antônio Oliveira

Superintendente Regional

Jussara Socorro Curry Maciel

Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

José Luiz Marmos

Supervisor de Gestão Territorial

Equipe técnica responsável:

Geólogo Levi Souza Callegario

Sondador Valdemilton da Fonseca Gusmão

1. Introdução

O município de Fonte Boa está localizado na porção centro-oeste do estado do Amazonas, às margens do rio Solimões, possuindo cerca de 12.111 km² de extensão territorial, limitada pelos municípios de Jutai, Tonantins, Japurá, Maraã, Uarini e Juruá. Sua sede dista da capital do estado cerca de 680 km em linha reta, acesso esse unicamente possível por meio de avião ou barco.

Por meio do ofício do Instituto de Desenvolvimento Sustentável de Fonte Boa 073/2017 – GS/IDSFB, de 10 de março de 2017, foi solicitado à CPRM – Serviço Geológico do Brasil a avaliação técnica de uma área de 25 hectares (500m x 500m) para possível implantação de um aterro sanitário para o referido município. A área se localiza a cerca de 12,3 km (em linha reta) na direção leste do último bairro da zona urbana do município, a 1,6 km da inutilizada estrada do Tupé, em meio à floresta primária (Figura 1).

Afim de atender essa demanda, uma equipe de dois técnicos da CPRM foi enviada, composta pelo geólogo Levi Souza Callegario e o sondador Valdemilton da Fonseca Gusmão. A equipe trabalhou na área por um período de 5 dias (entre 15/05 e 19/05/17).

Este relatório apresenta os resultados adquiridos a partir de perfurações a trado, análises granulométricas do solo retirado dos furos (para obtenção do teor de areia, silte e argila) e análise das condições do entorno da área (presença de igarapés ou poços próximos, declividade, escoamento de água das chuvas, etc).

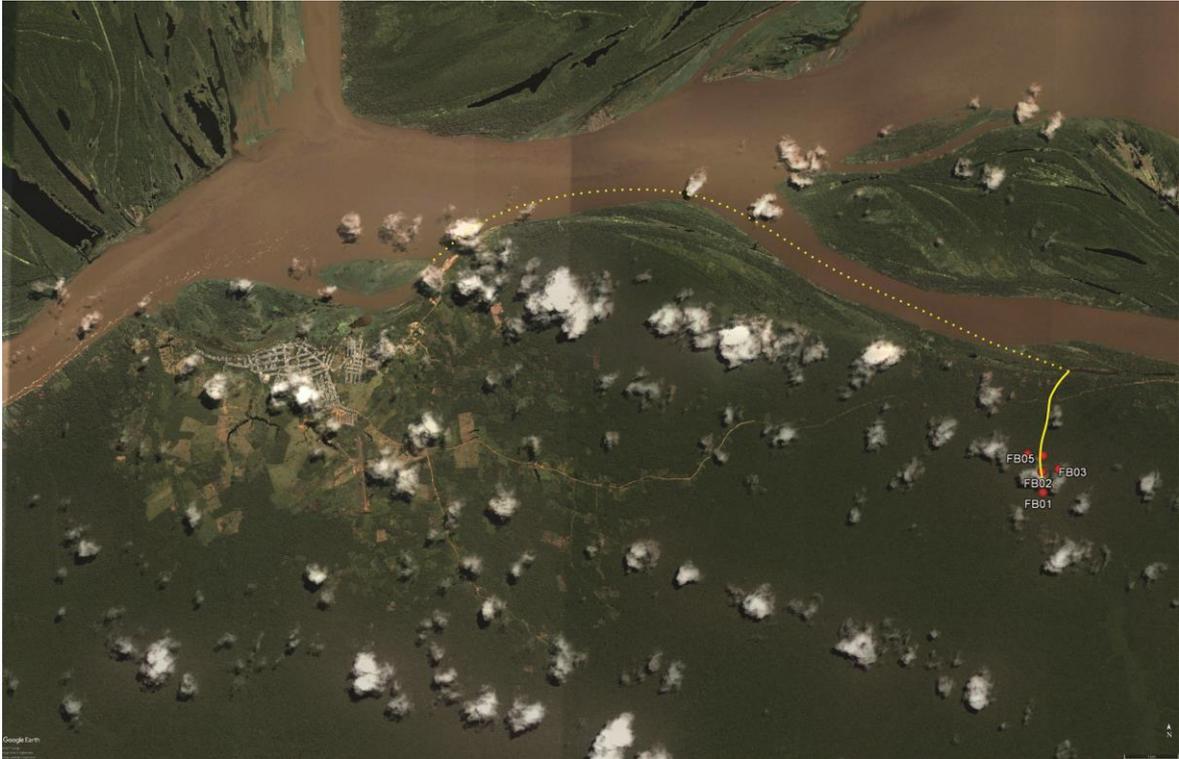


Figura 1 - Mapa de localização da área avaliada para implantação do aterro sanitário de Fonte Boa, com caminho hidroviário percorrido em pontilhado e trilha terrestre em linha sólida, ambos amarelos (Fonte: Google Earth).

2. Considerações sobre interação entre aterros sanitários e meio ambiente

Os aterros sanitários, assim como qualquer outra atividade que afete as condições naturais do solo e do regime hidrológico local, são classificados como atividade de risco ambiental (adaptado de KEMERICH et al). O processo de decomposição da matéria orgânica do lixo gera um líquido chamado de chorume, que tem cor escura e odor nauseante. Além disso, possui grande concentração de substâncias com alta demanda biológica de oxigênio (DBO). Suas características principais são o pH baixo a médio (entre 4,5 e 9,0) e teores de carbono total, DBO, Demanda Química de Oxigênio (DQO) e nitrogênio orgânico altos (respectivamente, em mg/L: 30 a 29000; 20 a 57000; 140 a 152000; 14 a 25000). Esses compostos são extremamente solúveis em água, podendo causar séria degradação ambiental em contato com o lençol freático, ao criar uma pluma de contaminação que se alastra com facilidade (adaptado de JALOWITZKI). Esse cenário é facilmente concebível se

imaginarmos as águas pluviais infiltrando no solo e carregando consigo o chorume acumulado nas camadas de lixo vários centímetros (às vezes, metros) de solo abaixo, até atingir o nível d'água.

Por esses motivos citados, é de extrema importância a implantação e o monitoramento adequados de um aterro sanitário. Este se caracteriza por disposição de resíduos sólidos confinados em menor área possível, alternando camadas dos mesmos resíduos com camadas de terra, afim de evitar o mau-cheiro. Além disso, deve-se inicialmente cobrir toda a área escavada com uma manta impermeabilizante, afim de evitar a contaminação das águas subterrâneas. O chorume assim acumulado sobre a manta deve ser canalizado para tanques específicos, com auxílio de um sistema de drenagem adequado.

3. Aspectos legais

Dentre as principais leis e normas que regem a implantação e manutenção dos aterros sanitários, destacam-se as seguintes:

- ABNT NBR 8849 de 1985 (Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos);
- ABNT NBR 8419 de 1992 (Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos);
- ABNT NBR 13463 de 1995 (Coleta de resíduos sólidos);
- ABNT NBR 13896 de 1997 (Aterros de resíduos não perigosos – critérios para projeto, implantação e operação);
- Resolução SMA nº 51 de 1997 (Dispõe sobre a exigência ou dispensa de Relatório Ambiental Preliminar – RAP para os aterros sanitários e usinas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos domésticos operados por municípios);
- Resolução CONAMA nº 308 de 2002 (Licenciamento ambiental de sistemas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados em municípios de pequeno porte);

- ABNT NBR 10004 de 2004 (Classificação de resíduos sólidos);
- ABNT NBR 10005 de 2004 (Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos);
- ABNT NBR 10006 de 2004 (Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos);
- ABNT NBR 10007 de 2004 (Amostragem de resíduos sólidos);
- Resolução CONAMA n° 358 de 2005 (Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências);
- Resolução CONAMA n° 404 de 2008 (Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos);
- Lei n° 12305 de 2010 (Institui a política nacional de resíduos sólidos, altera a Lei n° 9605 de 1998, e dá outras providências).

Dentre esses, cabe destacar a norma NBR 13896/97 da ABNT, que estabelece critérios para a localização do aterro sanitário tais como:

- Impacto ambiental mínimo causado pela instalação;
- Aceitação da instalação pela população;
- Conformidade com o zoneamento da região;
- Utilização por um longo período de tempo.

Quanto à avaliação da adequabilidade, a mesma norma cita:

- Declividade superior a 1% e inferior a 30%;
- Existência de uma zona não saturada de pelo menos 3 metros e de materiais com coeficiente de permeabilidade baixo;
- Distância mínima de 200 metros de qualquer coleção hídrica ou curso d'água;
- Vegetação abundante (ajuda a frear a erosão e o transporte de odores);
- Acesso fácil;
- Vida útil mínima de 10 anos;
- Viabilidade econômica realista;

- Distância mínima de núcleos populacionais de 500 metros.

4. Cálculo da área necessária para a implantação do aterro

Para este cálculo, devido à falta de informações precisas sobre a quantidade de resíduos sólidos coletados diariamente na cidade de Fonte Boa, optou-se por utilizar o valor médio estimado para o Estado do Amazonas, obtido dos estudos de Andrade (1999), que é de 0,8 kg/habitante/dia. O parâmetro em questão é 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 (IPT, 2000). 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 Fonte Boa (15.115 habitantes, de acordo com o censo do IBGE 2010) e a taxa média de crescimento anual dessa população (calculada em 2,9% quando se comparam os dados dos últimos 10 anos – censos IBGE de 2000 e de 2010). Portanto, utilizando-se a informação contida no estudo de Andrade (1999), a quantidade média de resíduos sólidos produzidos atualmente na zona urbana de Fonte Boa (população de 18.911 habitantes em 2017) é de aproximadamente 15.130 kg por dia.

Assim, com base nos números disponíveis, adotados e informados, e mantendo-se a situação observada, é possível estimar em **101.953** toneladas a quantidade total de resíduos sólidos que seria coletada em Fonte Boa ao longo dos próximos 15 anos (Tabela 1).

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

Ano	População Estimada*	Total de lixo por dia**	Total de lixo por ano**
2017	18.911	15,13	5.522
2018	19.459	15,57	5.682
2019	20.024	16,02	5.847
2020	20.604	16,48	6.016
2021	21.202	16,96	6.191
2022	21.817	17,45	6.371
2023	22.450	17,96	6.555
2024	23.100	18,48	6.745
2025	23.770	19,02	6.941
2026	24.460	19,57	7.142
2027	25.170	20,14	7.350
2028	25.900	20,72	7.563
2029	26.650	21,32	7.782
2030	27.423	21,94	8.008
2031	28.218	22,57	8.238
Total de lixo recolhido em 15 anos			101.953

*Zona urbana de Fonte Boa; ** em toneladas

De acordo com IPT (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:

$$101.953 \text{ ton} / 0,75 \text{ ton/m}^3 = 135.937 \text{ m}^3$$

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:

$$135.937 \text{ m}^3 / 2 = 67.967 \text{ m}^3$$

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

$$135.937 \text{ m}^3 + 67.967 \text{ m}^3 = 203.904 \text{ m}^3$$

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 na tabela 2.

Tabela 2 – Área necessária para a vida útil pretendida para o aterro sanitário, em relação à profundidade das valas.

Prof. das valas (m)	Área necessária (m²)	Área necessária (ha)
1,0	203.904	20,4
2,0	101.952	10,2
3,0	67.968	6,8
4,0	50.976	5,1

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 Fonte Boa, 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:

$$6,8 \text{ ha} + 6,8 \times 0,2 = \mathbf{8,16 \text{ hectares}}$$

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 Fonte Boa, 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%.

5. Fisiografia

O relevo da área é caracterizado por terrenos altos e planos (terra-firme), com cotas entre 63 e 78 metros. Os solos são espessos (5 metros ou mais) e são, de acordo com o mapa geológico, pertencentes à Formação Içá, que se caracteriza pela predominância de arenitos pleistocênicos. Apesar disso, a área selecionada possui perfil bastante argiloso, podendo ser composta por sedimentos que foram depositados por cima da formação supracitada, em um ambiente de planícies e terraços fluviais em tempos mais recentes.

A vegetação predominante do local é a mata nativa (densa, alta e com folhas grandes). Mais ao norte, próximo ao rio, a vegetação muda para mata de igapó, devido ao domínio das cheias.

A proximidade com o rio principal da região (e um dos principais do Brasil) foi motivo de preocupação no início dos trabalhos, pois nesses casos o lençol freático costuma ser muito raso. No estudo específico, não se configurou o referido regime.

6. Atividades desenvolvidas

A área avaliada tem 25 hectares de extensão (250.000 m²) e detalhes sobre sua localização podem ser lidos no capítulo inicial deste relatório. Consiste em um terreno de propriedade do governo federal, sem uso no momento, com vegetação nativa, o que dificulta o acesso, que foi feito por meio de picadas, que foram abertas duas

semanas antes da visita dos técnicos da CPRM no local, para fins de celeridade do processo.

Inicialmente foi feito um mapa-guia em escritório, contendo a área de interesse, as picadas e alguns pontos de referência. Posteriormente foram colocados os furos de sondagens no mesmo mapa.

Após isso, um reconhecimento da área foi feito, com o intuito de selecionar a melhor localização para os furos de trado. O caminhamento não encontrou nenhum curso d'água superficial nas proximidades, que estivessem a menos dos 200 metros ditos como "distância segura", definidos em legislação. Isso evita contaminação das águas superficiais no entorno da obra contaminante.

Com vistas a atender à legislação pertinente à implantação de aterros sanitários, representada pela resolução CONAMA 308 e pela CONAMA 404, e pela norma técnica NBR 13896 da ABNT, e à obtenção de subsídios para elaboração de um laudo técnico mais conciso, foi realizada uma campanha de perfurações na área selecionada, com auxílio de trado manual. Os objetivos principais dessas perfurações são a coleta de amostras de solos (para ensaios de granulometria) e a determinação do nível do lençol freático. Os ensaios de granulometria definirão o teor de areia, silte e argila no solo, que são importantíssimos para definição do coeficiente de permeabilidade.

7. Resultados obtidos

Devido ao formato da área, optou-se por realizar furos de sondagem que interceptassem o limite pré-estabelecido do terreno com a picada (Figura 2), porém restrições relacionadas ao furo FB-03 (areia muito rasa) nos fizeram desistir de toda a parte a leste desse furo. Outros dois furos foram realizados a noroeste da área prestabelecida, com o intuito de se achar um terreno melhor para a aplicação do empreendimento. A partir disso, uma nova área foi delimitada, com 25 hectares (Figura 2 e Tabela 4). Todos os furos foram executados com o auxílio de um trado manual. Apenas no furo FB-03 o lençol freático foi alcançado. Deixado descansar de um dia para o outro, o furo costumava se encher de água que estava infiltrada no solo.

As profundidades dos furos variam de 3,0 à 7,15 metros, (tabela 3).

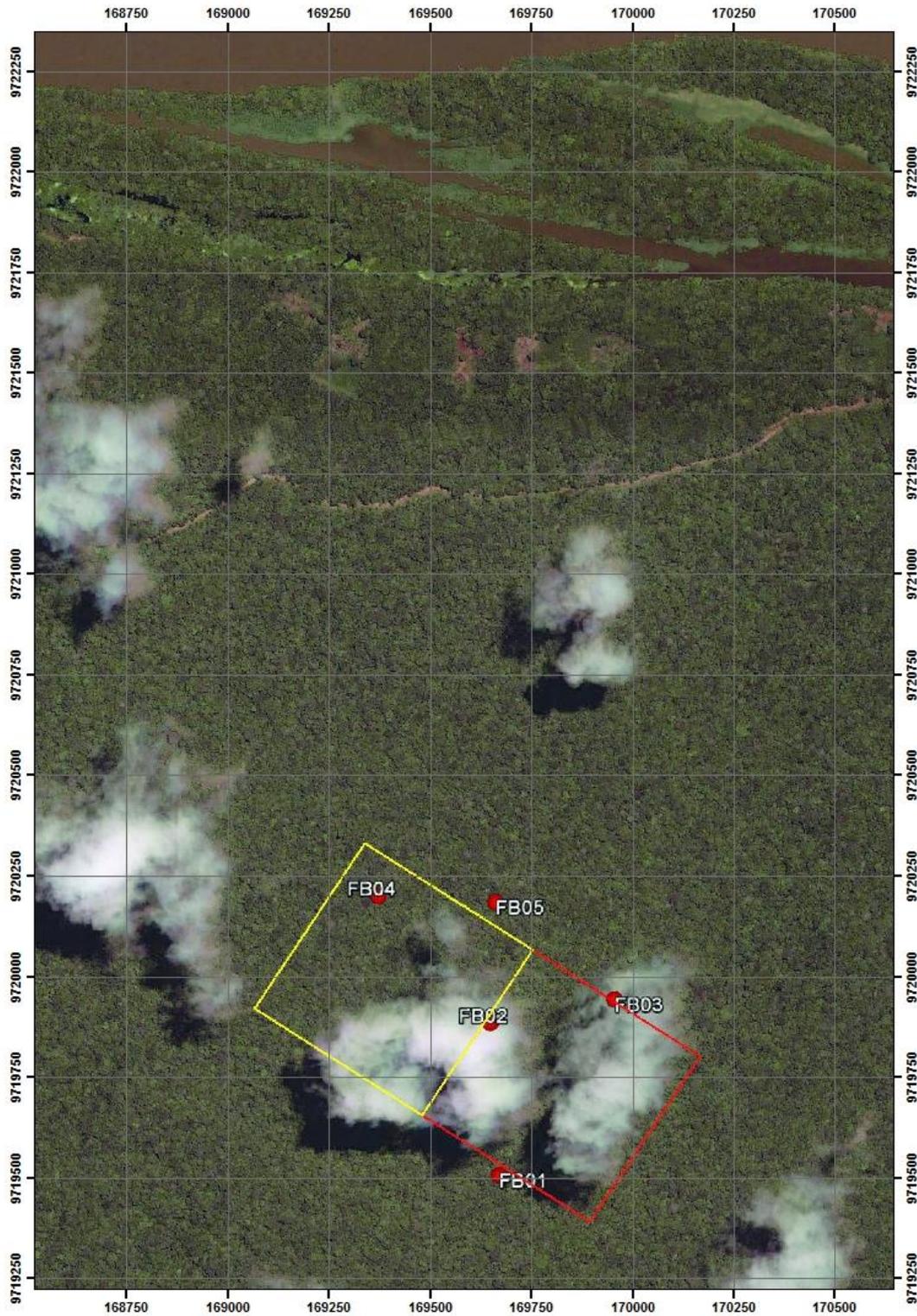


Figura 2 – Imagem de alta resolução do terreno alvo e seu entorno, com a área inicial representada por um quadrado vermelho, os furos de sondagens representados por pontos vermelhos e a área recomendada representada por um quadrado amarelo (Fonte: Google Earth).

Tabela 3 - Dados de coordenadas e profundidade dos furos de sondagem executados na área.

Furo de sondagem	Coordenadas geográficas UTM (Zona 20 M)	Profundidade final (m)	N. A. (m)	Cota (m)
FB-01	169675 E 9720563 N	6,5	-	73
FB-02	169650 E 9719880 N	7,0	-	76
FB-03	169956 E 9719935 N	3,0	2,6	73
FB-04	169382 E 9720194 N	7,15	-	78
FB-05	169659 E 9720182 N	7,0	-	76

Tabela 4 - Coordenadas dos vértices da nova área delimitada.

Vértice	Coordenada X	Coordenada Y
1	169337	9720331
2	169751	9720065
3	169479	9719656
4	169066	9719921

Os furos de sondagem foram acompanhados pela equipe da CPRM, composta por um sondador e um geólogo, sendo este último encarregado de selecionar as amostras que seriam coletadas para análises na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, cujos resultados encontram-se em boletim anexo a esse relatório.

As observações in loco e os resultados dos ensaios promovidos pela EMBRAPA definiram os seguintes perfis de solo/subsolo:

7.1. Furo FB-01 (figuras 3 e 4)

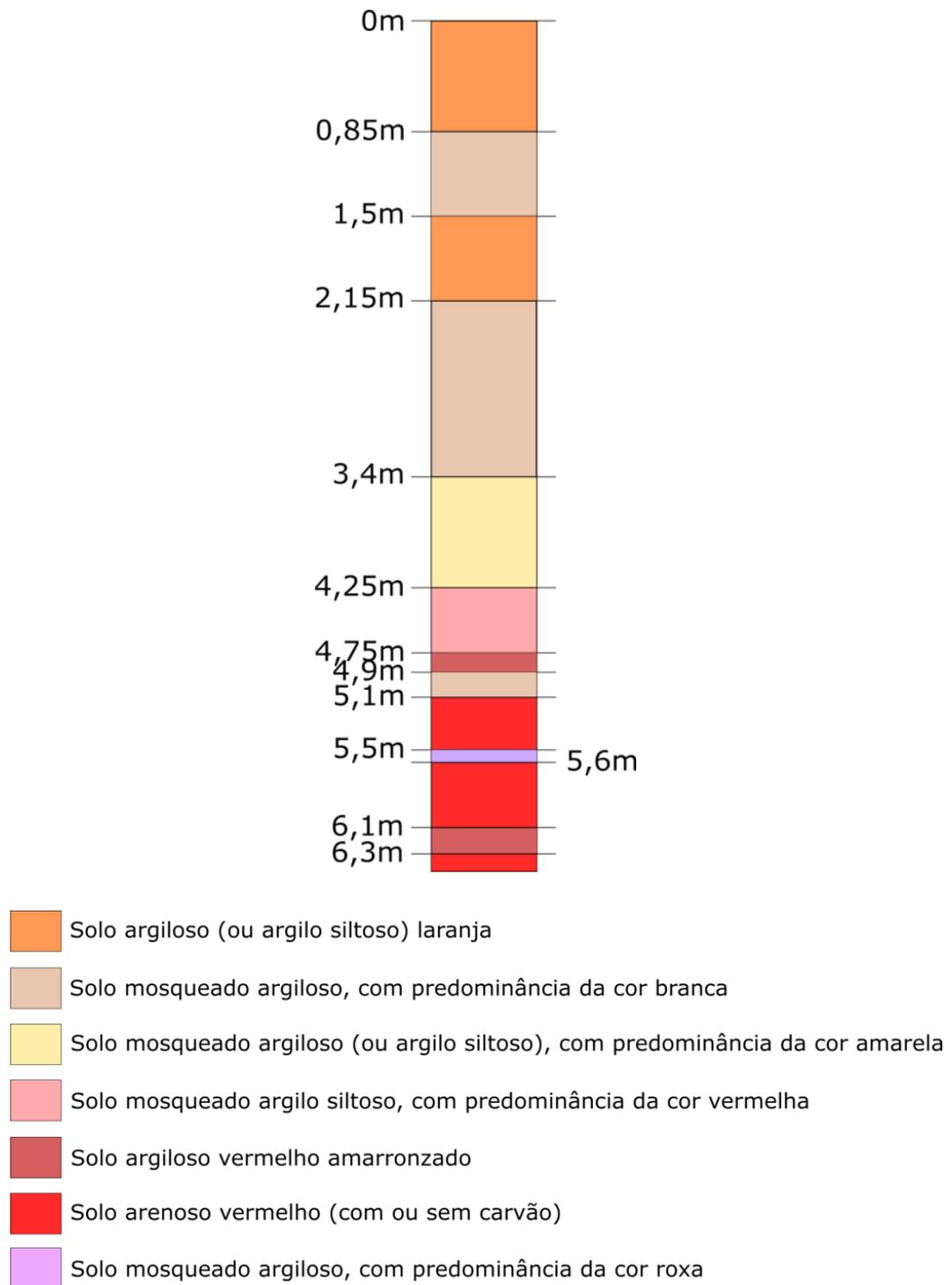


Figura 3 - Perfil esquemático do furo FB-01

- a. 0 à 0,85 metros: os 8cm iniciais são compostos por matéria orgânica. Após isso, aparece um solo argiloso laranja. A argila molda na mão. Em 0,75m, nódulos de laterita são encontrados.
- b. 0,85 à 1,5 metros: encontrado um padrão acamadado de formação de laterita, de cor mais clara. A compactação aumenta com a profundidade, além do solo permanecer úmido. Acontece um aumento do número de manchas vermelhas em 1,4m, com teor maior de areia nas manchas.
- c. 1,5 à 2,15 metros: volta a apresentar predominância da cor laranja, porém com um pouco mais de silte que nos metros iniciais. O padrão acamadado continua, com manchas vermelhas esporádicas perdidas no meio das camadas. Essas manchas em geral são argilosas.
- d. 2,15 à 3,4 metros: volta a predominar a cor branca, com algumas manchas roxas em 2,4m. Próximo aos 3,0m, o material se torna um pouco mais vermelho.
- e. 3,4 à 4,25 metros: o material fica predominantemente amarelado e muito argiloso. Em 3,7m, um material muito arenoso e laranja amarelado é encontrado. Em 3,9m, o material fica argiloso novamente, com mais argila branca misturada.
- f. 4,25 à 4,75 metros: o material mosqueado fica com predominância da cor vermelha.
- g. 4,75 à 4,9 metros: uma argila vermelha amarronzada aparece, sem mosqueamento ou padrão acamadado.
- h. 4,9 à 5,1 metros: o solo volta a ser mosqueado branco.
- i. 5,1 à 5,5 metros: aparece um material arenoso vermelho, com pouco silte. Ao chegar no final, o teor de carvão aumenta.
- j. 5,5 à 5,6 metros: o padrão anterior acaba drasticamente, dando lugar a um padrão mosqueado com predominância da cor roxa, que acaba em 10cm.
- k. 5,6 à 6,1 metros: volta a aparecer a areia vermelha, sem o carvão.
- l. 6,1 à 6,3 metros: aparece uma argila vermelha plena, sem mosqueamento.
- m. 6,3 à 6,5 metros: reaparece a areia vermelha, com um pouco de areia amarela. Esse padrão dura até o fim do furo.



Figura 4 – Furo FB-01 A) Início dos trabalhos de perfuração; B) Solo argiloso laranja (0 à 0,5m); C) Solo mosqueado argiloso, com predominância da cor branca (2,0 à 2,5m); D) Solo arenoso vermelho (5,0 à 5,5m).

7.2. Furo FB-02 (figuras 5 e 6)

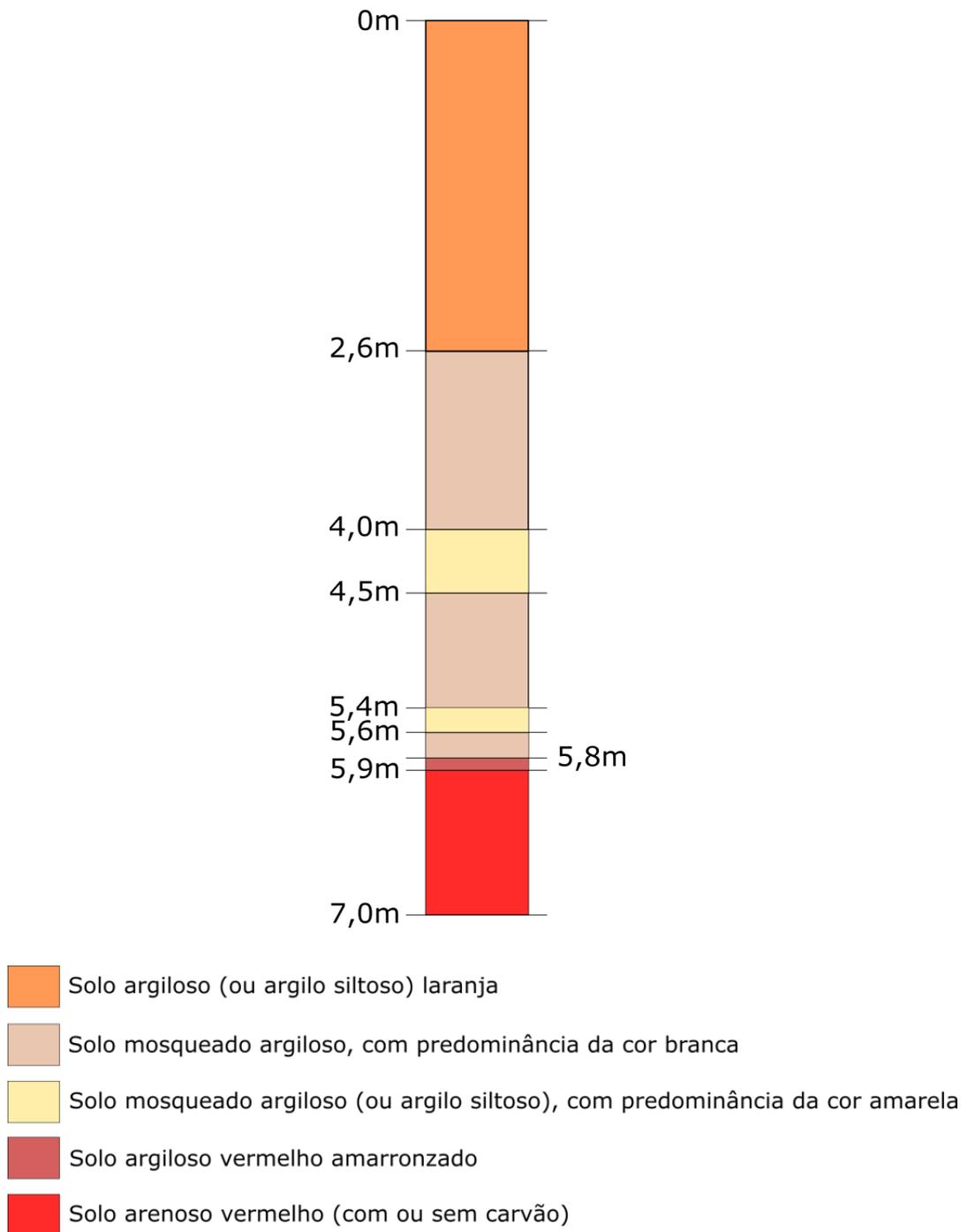


Figura 5- Perfil esquemático do furo FB-02

- a. 0 à 2,6 metros: os primeiros 10cm de solo contém matéria orgânica. Logo depois, aparece material argiloso laranja, moldando facilmente na mão. Em 0,75cm, aparece mais argila branca, sem quebrar o padrão. Em 1,4cm, aparecem manchas vermelhas. Com a profundidade, o teor de argila branca aumenta gradativamente, assim como o teor de silte.
- b. 2,6 à 4,0 metros: o padrão do solo muda, desaparecendo o silte e aumentando o teor de argila branca, sem mosqueamento. Em 3,25m, o padrão mosqueado aparece.
- c. 4,0 à 4,5 metros: aumento no teor de argila amarela, que predomina.
- d. 4,5 à 5,4 metros: o padrão de cores muda novamente, contendo argila amarela, roxa, vermelha e branca, essa última predominando. Com o aumento da profundidade, o teor de argila roxa aumenta, sem sobrepujar a branca.
- e. 5,4 à 5,6 metros: argila amarela, sem mosqueamento e com muita areia é encontrada.
- f. 5,6 à 5,8 metros: padrão mosqueado argiloso anterior (amarela, roxa, vermelha e branca) volta a aparecer.
- g. 5,8 à 5,9 metros: argila vermelha com muito silte aparece no perfil.
- h. 5,9 à 7,0 metros: aparece a areia vermelha, permanecendo até o final do furo.



Figura 6 – Furo FB-02 A) Solo argiloso laranja (0,5 à 1,0m); B) Solo mosqueado argiloso, com predominância da cor branca (3,5 à 4,0m) ; C) Solo mosqueado argiloso, com predominância da cor branca e aumento do teor de material roxo com a profundidade (5,0 à 5,5m); D) Solo arenoso vermelho (6,5 à 7,0m).

7.3. Furo FB-03 (figuras 7 e 8)

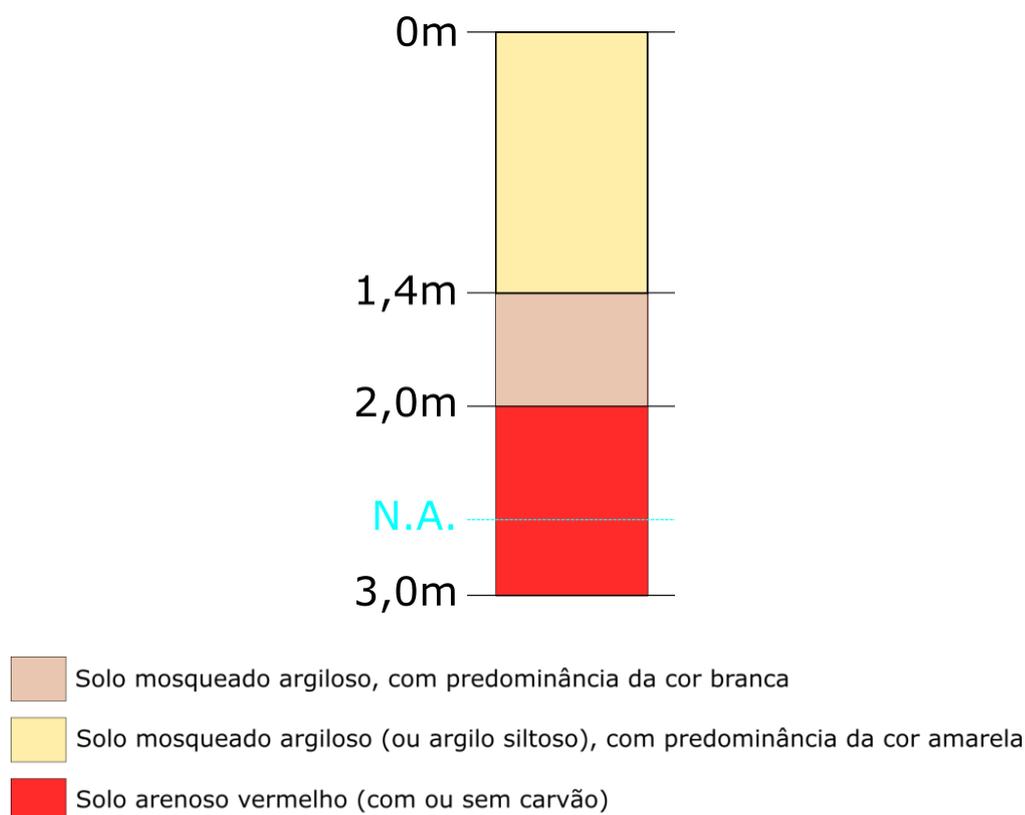


Figura 7 - Perfil esquemático do furo FB-03

- 0 à 1,4 metros: os primeiros 8cm são compostos por matéria orgânica. Em seguida, aparece argila pouco arenosa amarela, que molda com a mão. Sem mosqueamento.
- 1,4 à 2,0 metros: aparece material argiloso branco, sem mosqueamento. Em 1,5m, aparece argilamosqueada sem acamadamento branca e vermelha, com um pouco mais de silte.
- 2,0 à 3,0 metros: o teor de areia aumenta gradativamente até se tornar um material arenoso amarelo claro, que cai do trado sem esforço. O nível de água foi encontrado em 2,6m. Com o desmoronamento do poço após esse nível, a perfuração foi abortada.



Figura 8 – Furo FB-03 A) Argila pouco arenosa amarela, com influência de matéria orgânica (0 à 0,5); B) Argila pouco arenosa amarela (0,5 à 1,5m); C) Solo mosqueado argiloso, com predominância da cor branca (1,5 à 2,0m); D) Areia vermelha, com influência da areia amarela que cai com o desmoronamento do poço (2,5 à 3,0m).

7.4. Furo FB-04 (figuras 9 e 10)

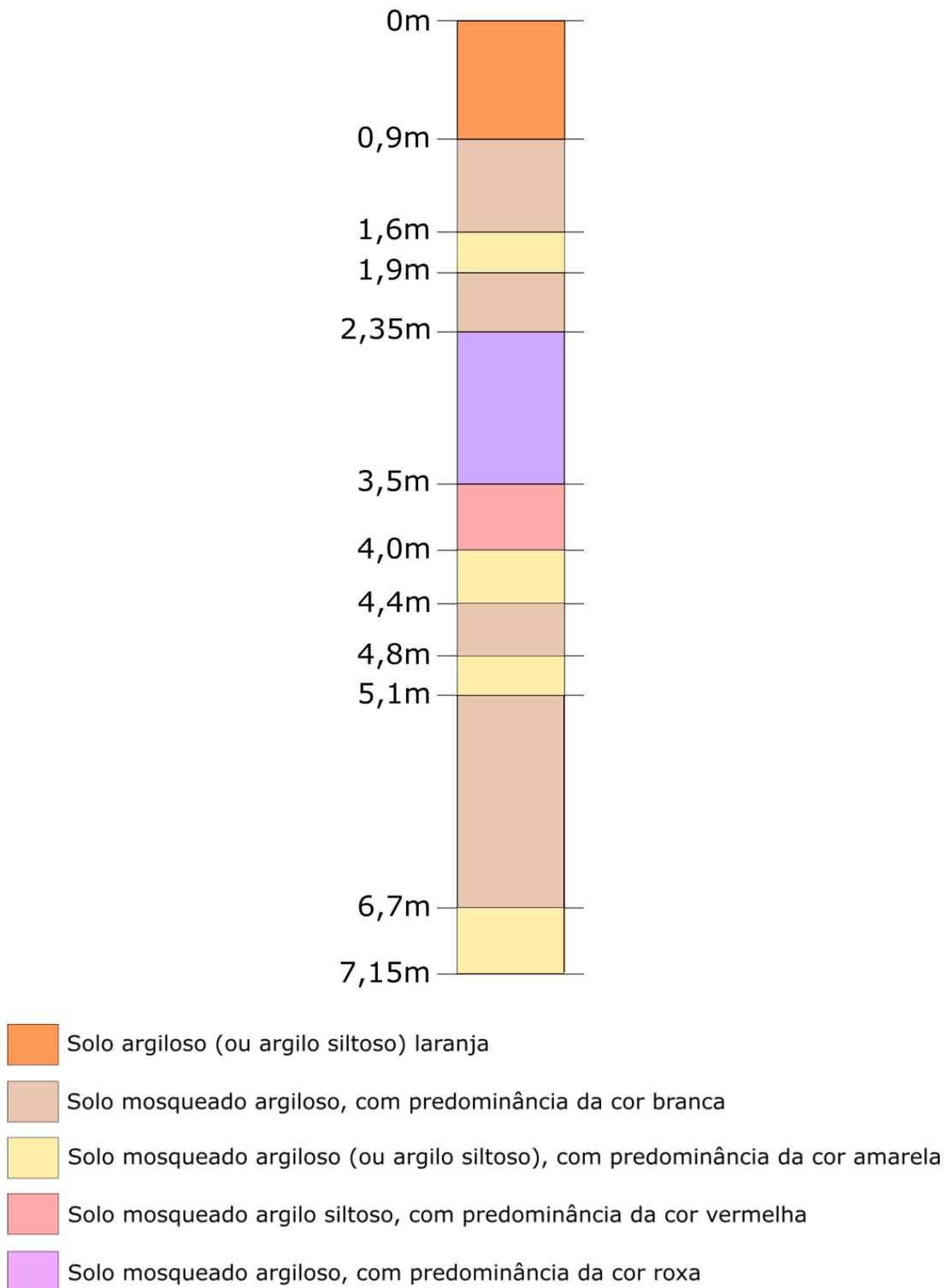


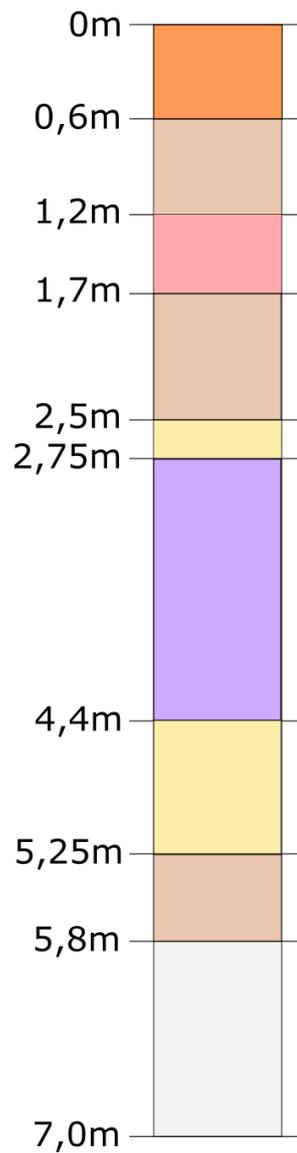
Figura 9 – Perfil esquemático do furo FB-04

- a. 0 à 0,9 metros: os primeiros 8cm são compostos por matéria orgânica. Após isso, aparece argila com pouco silte laranja, que molda facilmente com a mão. Em 0,65cm, aparece argila branca, que não modifica o padrão anterior.
- b. 0,9 à 1,6 metros: a partir desse ponto, argila branca predomina, com um pouco de material vermelho. A compactação aumenta com a profundidade, aumentando as dificuldades em se perfurar. Aparecem manchas do processo de laterização em 1,3m.
- c. 1,6 à 1,9 metros: começa a aparecer mais argila amarela, que domina o perfil. Quanto maior a profundidade, maior o teor de material amarelo. A granulometria acompanha o mesmo padrão, passando a ser mais grossa com a profundidade.
- d. 1,9 à 2,35 metros: volta a ter mais argila e a predominar as cores branca e vermelha, com teor maior da primeira.
- e. 2,35 à 3,5 metros: nesse ponto aparecem indícios de água de infiltração da chuva, bem como um maior teor de argila roxa, que sai em forma de cunha no trado. Com a profundidade, o teor de material roxo aumenta. Aparentemente, silte e areia são inexistentes nessa zona.
- f. 3,5 à 4,0 metros: a argila passa a ser vermelha e branca, com predominância da primeira. A umidade também aumente, e o poço desmorona um pouco.
- g. 4,0 à 4,4 metros: o material passa a ser mais amarelo, com presença de silte e areia em quantidade considerável. Em 4,3, aparece argila quase sem silte e areia.
- h. 4,4 à 4,8 metros: a argila passa a ser cinza.
- i. 4,8 à 5,1 metros: aparece argila amarela siltosa no meio da argila cinza. Pode ser uma lente.
- j. 5,1 à 6,7 metros: volta a predominar a argila cinza, com a argila siltosa amarela aparecendo esporadicamente no meio.
- k. 6,7 à 7,15 metros: aparece areia argilosa amarela. Com a profundidade, a areia vai ficando cada vez mais vermelha.



Figura 10 – Furo FB-04 A) Solo argiloso laranja (0 à 0,5m); B) Solo mosqueado argiloso, com predominância da cor branca (1,0 à 1,5m); C) Solo mosqueado argiloso, com predominância da cor roxa (3,0 à 3,5m); D) Solo mosqueado argiloso, com predominância da cor amarela (6,7 à 7,0m).

7.5. Furo FB-05 (figuras 11 e 12)



-  Solo argiloso (ou argilo siltoso) laranja
-  Solo mosqueado argiloso, com predominância da cor branca
-  Solo mosqueado argiloso (ou argilo siltoso), com predominância da cor amarela
-  Solo mosqueado argilo siltoso, com predominância da cor vermelha
-  Solo mosqueado argiloso, com predominância da cor roxa
-  Solo arenoso branco

Figura 11 – Perfil esquemático do furo FB-05

- a. 0 à 0,6 metros: os primeiros 15cm são compostos por matéria orgânica. Logo após, um material argiloso com silte, de cor amarelo/laranja aparece. Esse material apresenta muitas raízes. O teor de argila aumenta com a profundidade.
- b. 0,6 à 1,2 metros: começa a aparecer mais argila branca. O teor de silte também aumenta nessa faixa.
- c. 1,2 à 1,7 metros: aumenta o teor de argila vermelha nessa faixa. O padrão das cores é mosqueado. A amostra é compacta e seca, esfarelando quando retirada do trado.
- d. 1,7 à 2,5 metros: aumenta o teor de argila branca novamente, que domina o perfil. Nessa faixa, manchas roxas, vermelhas e esporádicas manchas amarelas podem ser encontradas. Em 2,0m, o padrão muda um pouco, passando a ter argila branca predominante, com camadas de argila vermelha e lentes de argila amarela.
- e. 2,5 à 2,75 metros: nessa faixa, aumenta a quantidade de argila siltosa amarela, mas aparentemente sem conectividade entre estas.
- f. 2,75 à 4,4 metros: no início dessa faixa, a argila roxa domina o perfil, aumentando ainda mais seu teor com a profundidade.
- g. 4,4 à 5,25 metros: encontrado material argilo siltoso amarelo, sem mosqueamento, parecido com o encontrado em outros furos. Esse teor aumenta com a profundidade, até aparecer de novo a argila branca em 5,0m.
- h. 5,25 à 5,8 metros: o teor se inverte, sendo maior o da argila branca.
- i. 5,8 à 7,0 metros: aparece material areno argiloso branco. O teor de areia aumenta, até não manchar mais a mão. Com a profundidade, o material vai ficando mais amarronzado.



Figura 12 – Furo FB-05 A) Solo argiloso amarelo/laranja (0,5 à 0,6m); B) Solo mosqueado argiloso branco (2,0 à 2,5m); C) Solo argilo siltoso amarelo (4,5 à 5,0m); D) Amostragem de todo o material tirado do furo em uma lona, separados por hastes de madeira.

8. Conclusões e recomendações

Os estudos de campo realizados na área e os ensaios de laboratório permitiram avaliar a mesma como tendo média a alta aptidão para implantação de um aterro sanitário, pois apresenta solo predominantemente argilo silto e silto argiloso. Solos muito arenosos (com porcentagens acima de 70%), como aqueles que aparecem no final dos furos, são inadequados pois facilitam a percolação de fluidos muito facilmente, o que acarreta em contaminação do lençol freático, além de terem baixa capacidade de atenuar naturalmente os poluentes. Solos argilosos, argilo siltosos e argilo arenosos, com permeabilidade mais baixa, são melhores pois operam no sentido inverso ao comportamento dos arenosos.

Um problema recorrente em solos muito argilosos, devido sua permeabilidade baixa, é o alagamento (formação de poças d'água em superfície). Recomenda-se, baseado nisso, que um sistema de drenagem superficial eficiente seja implantado, afim de evitar a formação de pequenos lagos, como o que foi visto na época de realização dos trabalhos. Além disso, esse mesmo sistema de drenagem irá diminuir a infiltração das águas pluviais.

O único nível d'água encontrado trata-se, como mencionado nas descrições dos furos, do nível freático, já que esse furo (FB-03) localiza-se muito próximo a um igarapé. Além disso, todo o lado leste da área, que inclui o furo supracitado, está em um nível mais baixo do terreno, como observado *in loco*. Recomenda-se, portanto, que a área do futuro aterro sanitário seja deslocada para noroeste, na direção dos pontos FB-04 e FB-05, afim de evitar a contaminação do lençol freático. Esses dois últimos pontos foram executados posteriormente, com o intuito de se avaliar os entornos da área para uma possível adequação, o que se verificou positivo.

Mesmo com os aspectos positivos, enfatiza-se que, no projeto de 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 Fonte Boa, 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 Fonte Boa deverá ser construído e operado conforme as normas de engenharia preconizadas para um aterro sanitário e não como uma lixeira.

Depois de implantado o aterro sanitário, o gerenciamento ambiental é de suma importância. Ele busca estabelecer critérios de controle ambiental, observando os indicadores de saúde pública, como qualidade da água subterrânea, e critérios de prevenção e controle da eventual contaminação.

Laudo final: área apta, seguindo as recomendações acima.

9. Referências Bibliográficas

ABNT. NBR 8849. 1985. 9p.

ABNT. NBR 8419. 1992. 7p.

ABNT. NBR 13463. 1995. 3p.

ABNT. NBR 13896. 1997. 12p.

ABNT. NBR 10004. 2004. 77p.

ABNT. NBR 10005. 2004. 20p.

ABNT. NBR 10006. 2004. 7p.

ABNT. NBR 10007. 2004. 25p.

BRASIL. Lei nº 12305, de agosto de 2010. 1p.

CONAMA. Resolução nº 308. 2002. 1p.

CONAMA. Resolução nº 358. 2005. 8p.

CONAMA. Resolução nº 404. 2008. 4p.

IBGE (10 de outubro de 2002). Resolução da Presidência do IBGE de nº 5 (R.PR-5/02). Consultado em 5 de dezembro de 2010.

JALOWITZKI, Marise. Como acontece a decomposição do corpo humano – Necrochorume – Saúde Pública - Contaminação das Águas – Tragédias: Soterramentos

por deslizamentos de terra. Disponível em:
<http://compromissoconsciente.blogspot.com.br/2011/02/como-acontece-decomposicao-do-corpo.html>. Data de acesso: 24/04/2017.

KEMERICH, Pedro; UCKER, Fernando Ernesto; BORBA, William F. Cemitérios como fonte de contaminação ambiental. Disponível em:
[http://www2.uol.com.br/sciam/artigos/cemiterios como fonte de contaminacao a mbiental.html](http://www2.uol.com.br/sciam/artigos/cemiterios%20como%20fonte%20de%20contaminacao%20ambiental.html). Data de acesso: 24/04/2017.

SMA. Resolução nº 51. 1997. 3p.

ANEXO

Tabela 1 - Resultado das 19 análises granulométricas realizadas em quatro furos diferentes, para caracterização do solo da área estudada. As análises foram realizadas pela EMBRAPA.

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	
717	1,0-1,5 FB - 01 Prefeitura Municipal d		7,57	24,83	32,40	267,10	700,50	muito argiloso
718	1,5-2,0		6,50	17,07	23,57	466,42	510,00	argilo siltosa
719	2,0-3,0		5,22	13,13	18,35	389,15	592,50	argila
720	3,5-4,0		68,11	115,80	183,91	458,09	358,00	franco argilo siltoso
721	4,0-5,0		2,95	182,57	185,52	548,98	265,50	franco argilo siltoso
722	5,0-6,5		28,35	575,61	603,96	337,54	58,50	franco arenosa
723	0,0-2,0 FB - 02		1,30	269,44	270,73	356,77	372,50	franco argilosa
724	2,5-3,5		4,13	224,83	228,96	529,54	241,50	franco siltosa
725	3,5-4,5		4,61	120,36	124,97	651,03	224,00	franco siltosa
726	4,5-5,5		3,90	184,80	188,70	416,80	394,50	franco argilo siltoso
727	6,0-7,0		22,31	604,31	626,61	309,39	64,00	franco arenosa
728	4,0-4,5 FB - 04		3,82	16,12	19,94	439,56	540,50	argila siltosa
729	4,5-5,0		10,40	25,61	36,01	239,49	724,50	muito argiloso
730	5,0-5,5		2,06	112,71	114,77	411,23	474,00	argilo siltosa
731	5,5-6,5		6,20	8,66	14,86	242,64	742,50	muito argiloso
732	2,0-2,5 FB - 05		8,50	133,32	141,82	457,68	400,50	franco argilo siltoso
733	4,5-5,0		0,44	262,09	262,53	407,47	330,00	franco argilosa
734	5,0-5,5		7,21	143,22	150,42	548,08	301,50	franco argilo siltoso
735	6,0-6,5		0,77	94,02	94,79	653,21	252,00	franco siltosa

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).