

3

Descrição dos Materiais Utilizados

3.1

Introdução

Dois materiais com propriedades físicas e químicas diferentes foram utilizados no presente estudo: solo e composto orgânico. Ambos foram analisados separadamente e misturados em diferentes proporções para poder avaliar a influência da presença do composto nas propriedades do *liner*.

O tipo de solo escolhido para desenvolver a pesquisa é um solo maduro, coluvionar, argilo-arenoso (Soares, 2005) e foi coletado no campo Experimental II da PUC-Rio, no mesmo local onde foram retiradas as amostras indeformadas do autor acima mencionado.

Segundo Beneveli (2002) e Soares (2005), o solo é classificado como CH (argila de alta plasticidade), material tipicamente utilizado na construção dos sistemas de impermeabilização de aterro sanitário (Oweis e Khera, 1998, CETESB, 1993). O solo do local é bastante homogêneo, e tem sido amplamente analisado por vários autores no desenvolvimento de diferentes pesquisas da PUC-Rio, fator muito importante para a escolha, pois existe uma importante quantidade de informação quanto à caracterização física, química e mineralógica do material.

O composto orgânico utilizado neste trabalho é um material obtido a partir do processo de compostagem das aparas de grama retiradas do Aeroporto Internacional Antônio Carlos Jobim no Rio de Janeiro. O composto possui um elevado teor de matéria orgânica, o que faz com que seja um material ativo.

A seguir se apresenta uma descrição completa da origem e das características de ambos os materiais.

3.2

Solo

Como foi mencionado anteriormente, diversos estudos têm sido desenvolvidos no local de amostragem. Entre os mais relevantes podem ser citados os de Brito (1981), Sertã (1986) e Daylac (1994). Outros trabalhos que

servem como referência são os de Moreira (1998), de Mello (1998), Beneveli (2002), Duarte (2004) e Soares (2005).

Devido à extensa informação na literatura com respeito ao solo coletado no Campo Experimental II, aspectos fisiográficos como geomorfologia, clima, entre outros; assim como análises químicas e mineralógicas foram adquiridas das referências anteriores.

Os ensaios típicos para obter a caracterização física do material (análise granulométrica conjunta, peso específico dos grãos e limites de Atterberg) foram executados no Laboratório de Geotecnia da PUC-Rio segundo os procedimentos indicados nas normas da ABNT. A análise de difração de Raios-X do material passante na peneira #200 também foi realizada para conferir dados já existentes quanto à mineralogia.

3.2.1 Localização

O campo experimental II da PUC-Rio situa-se no interior do Campus da Universidade, na encosta localizada ao lado da estrada Lagoa-Barra. A Figura 3.1 apresenta o esquema do local:

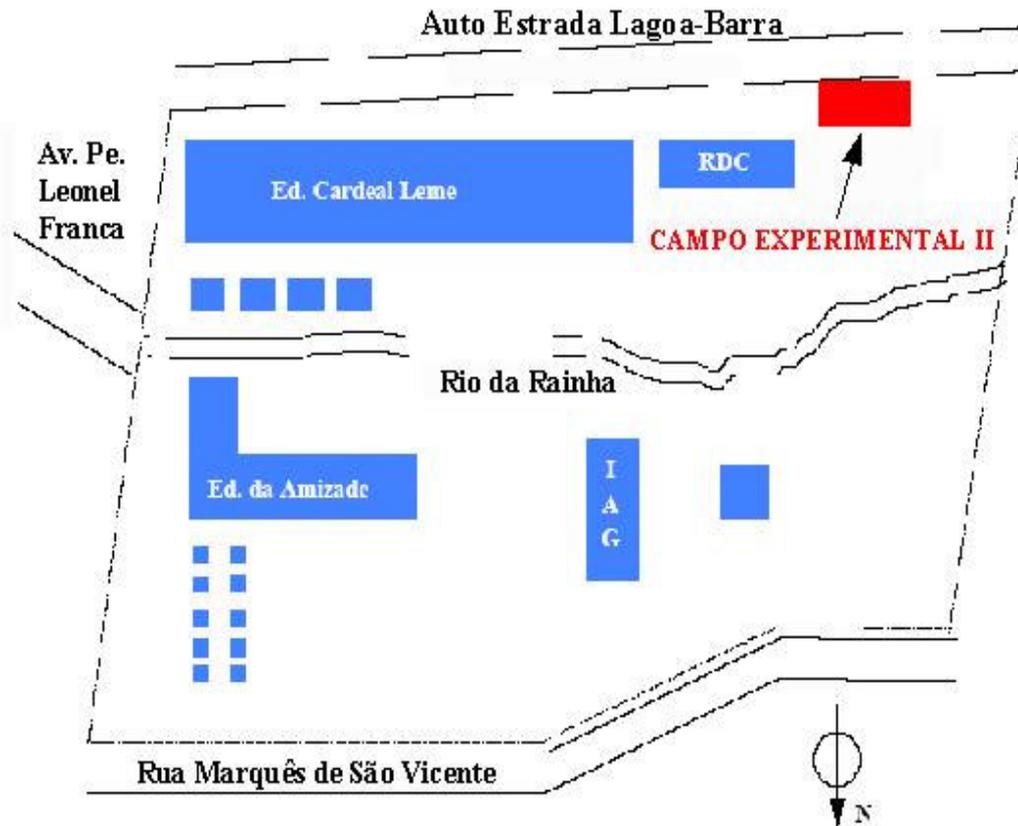


Figura 3.1-Localização do Campo Experimental II, PUC-Rio (Soares, 2005).

3.2.2 Geologia e Geomorfologia

O embasamento do campo experimental é uma granada-biotita-plagioclásio gnaiss e está constituído por quartzo, feldspato e biotita, além de muscovita e granada como minerais acessórios (Sertã, 1986). O local está inserido no maciço da Tijuca e se caracteriza por biotita-plagioclásio gnaiss, microlina gnaiss, leptinito/granito e granodiorito, de idade Proterozóica Inferior (Brito, 1981).

Daylac (1994) obteve a partir da inspeção de um poço aberto o seguinte perfil morfológico do local de estudo:

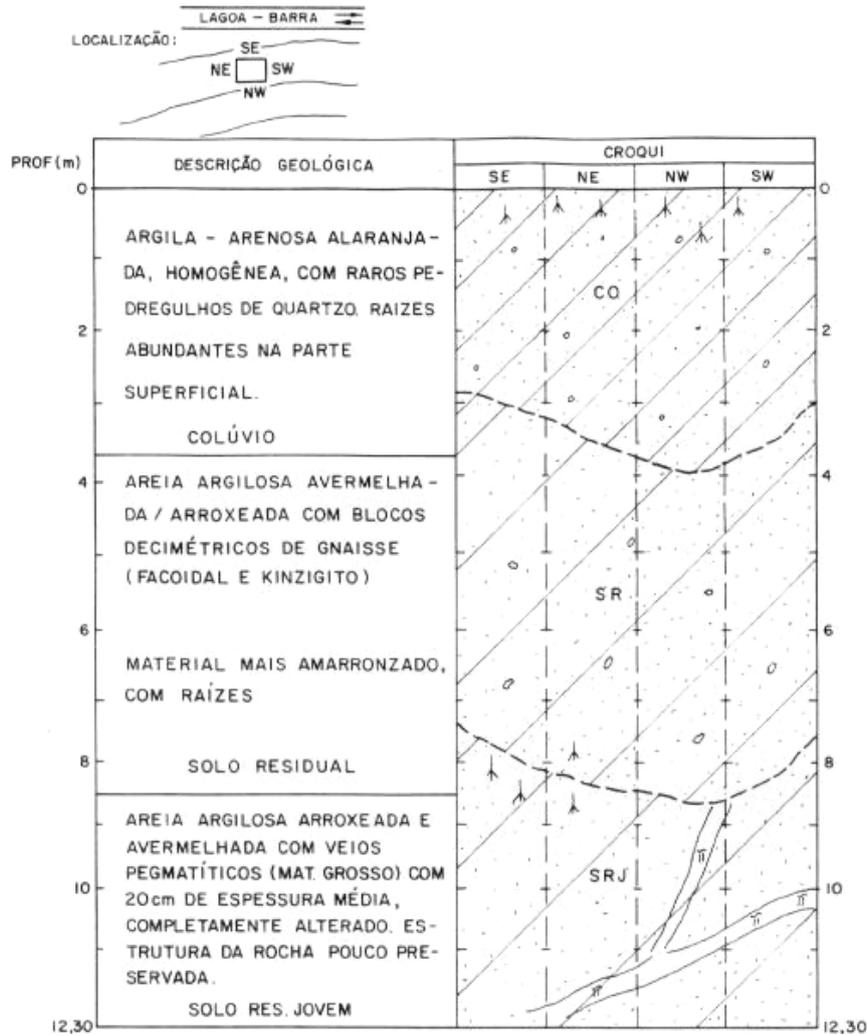


Figura 3.2-Perfil morfológico do local de estudo (Daylac, 1994).

Pode-se observar que a parte superior é um colúvio. Os solos coluvionares se formam por processos geodinâmicos externos. Suas características mineralógicas e texturais dependem das litologias das áreas fontes, bem como do grau de maturidade destes detritos (De Mello, 1998).

O solo residual do sítio provém do processo de intemperização de um gnaiss cataclástico composto principalmente por biotita, quartzo e feldspato. (Sertã, 1986). A camada de solo residual maduro pode ser descrita como uma matriz argilosa vermelho-amarela com grãos de quartzo fraturado e grãos de produto de alteração de granada (Beneveli, 2002).

O solo em estudo é um solo coluvionar maduro argilo-arenoso possivelmente originado por processos erosivos (Moreira, 1998). Sua tonalidade é vermelha amarelada, possui um aspecto bastante homogêneo e constitui-se basicamente por argilominerais (caulinita principalmente), quartzo e óxidos de

ferro e alumínio, como produtos do intemperismo dos minerais primários do biotita gnaisse (Soares, 2005). Como a atividade do solo depende dos argilominerais que o compõem e a caulinita é o predominante, espera-se que sua atividade seja baixa.

Do ponto de vista pedológico, pode ser classificado como um solo com horizonte B latossólico, ou seja, um solo bastante lixiviado. A fração argila deste horizonte apresenta na maioria dos casos permeabilidade baixa a moderada, expansividade nula a moderada, compressibilidade baixa e erodibilidade moderada a alta (De Mello, 1998).

3.2.3

Aspectos climáticos

A região do Campus situa-se em uma zona Megatérmica, sob a variedade de clima úmido (De Mello, 1998). Segundo Brito (1981), no mês mais frio, a temperatura mínima é de 18°C. No mês mais seco a precipitação mínima é de 60 mm. O excesso hídrico (diferença entre precipitação e evapotranspiração) é de 617 mm durante o ano todo.

A análise climática da região dada por Brito (1981) indica condições para o desenvolvimento de um solo profundo, com acentuada tendência para acidez (Sertã, 1986).

3.2.4

Amostragem do Solo

Foram retirados pouco mais de 150 kg de material deformado, a partir de um metro de profundidade aproximadamente (Figura 3.3).

O solo extraído foi distribuído em bandejas metálicas para ser secado ao ar ou em uma estufa, que funciona com uma temperatura constante de 35°C, até atingir um grau de umidade suficientemente baixo para conseguir ser destorroado e homogeneizado. Posteriormente, uma parte do material foi separada para executar os ensaios de caracterização e o resto foi passado pela peneira de 4,8 mm (segundo norma NBR 6457/86) para ser utilizado nos ensaios de compactação. Todo o material foi armazenado em um recipiente plástico vedado com plástico para evitar mudanças na umidade.

Cabe mencionar que o processo de preparação foi bastante demorado devido à grande quantidade de material.



Figura 3.3-Retirada da amostra deformada no Campo Experimental II da PUC-Rio.



Figura 3.4-Profundidade da escavação para extrair a amostra deformada.

3.3 Composto Orgânico

O composto orgânico utilizado neste trabalho foi obtido a partir do processo de compostagem das aparas de grama do Aeroporto Internacional Antônio Carlos Jobim no Rio de Janeiro.

A manutenção das áreas gramadas da pista de pouso e adjacências do Aeroporto gera, diariamente, cerca de duas toneladas por dia do material, significando um potencial para a produção mensal de cerca de 60 toneladas de composto (Benites *et al.*, 2004). A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) atualmente realiza estudos com o material para determinar sua qualidade como fertilizante e como adubo orgânico após ser submetido à compostagem.

A compostagem permite transformar um resíduo orgânico em um produto aproveitável e por sua vez, gerar lucro.

Atualmente, as aparas são depositadas nos aterros sanitários ou áreas marginais dentro do próprio aeroporto.

Por meio deste estudo pretende-se, como já foi antes mencionado, avaliar a interação deste material com o solo, e analisar seu comportamento conjunto quanto à compactação e à permeabilidade, para concluir se é factível ou não o seu aproveitamento em obras de engenharia; em particular para este caso, em um *liner* de aterro sanitário.

Um dos objetivos iniciais deste trabalho era estudar a interação do composto com uma solução contaminante. Devido ao alto teor de matéria orgânica que ele possui, espera-se que seja capaz de reter metais pesados e, portanto, seja capaz de atenuar uma eventual contaminação do sub-solo. Esta foi uma das razões pelas quais se decidiu estudar o material. Entretanto, devido a imprevistos na execução de alguns ensaios programados, não foi possível desenvolver essa parte da pesquisa.

3.3.1 Processo de Obtenção do Composto Orgânico

A compostagem é um processo biológico aeróbio² e controlado, no qual ocorre a transformação de resíduos orgânicos em resíduos estabilizados, com propriedades e características completamente diferentes do material que lhe deu origem (Bidone, 2001).

Conforme Neto (1989), a compostagem consta de duas fases. Na primeira ocorrem as reações bioquímicas de oxidação mais intensas, predominantemente termofílicas. Na segunda fase, conhecida como fase de maturação, se dá o processo de humificação.

Entre os fatores mais importantes que influenciam o processo da compostagem podem-se mencionar temperatura, taxa de oxigênio presente, umidade e relação carbono/nitrogênio (Mandelli *et al.* 1991).

Neste item, descreve-se o procedimento de compostagem explicado por Benites *et al.* (2004), para a obtenção do composto orgânico utilizado no presente estudo.

² Embora também se considere a digestão anaeróbia uma forma de compostagem, em ausência de oxigênio dissolvido.

O experimento foi conduzido por um período de oitenta dias em um galpão na área patrimonial da Infraero. O local estava protegido contra a chuva e o solo impermeabilizado para evitar perda de chorume durante o processo.

Inicialmente, preparou-se o material desintegrando as aparas de grama até atingirem tamanhos médios entre 5 e 10 cm³.

Conformaram-se pilhas de compostagem – formas de disposição do material em forma cônica (Bidone, 2001) – com aproximadamente 100 kg de material seco em cada uma delas.

Cabe mencionar que a grama, por ser hidrofóbica, dificultou o processo de umedecimento das pilhas, embora, após iniciar a transformação do material, que é detectado pelo escurecimento do composto e pelo aumento nos teores dos ácidos húmicos, a manutenção de umidade foi mais simples.

Durante o processo de compostagem, o material das pilhas foi revirado duas vezes por semana para garantir a aeração, indispensável no processo de decomposição. Temperatura, umidade, pH e condutividade elétrica, assim como teor de matéria orgânica, ácidos húmicos e fúlvicos também foram monitorados/determinados periodicamente.

O processo da decomposição do composto se assumiu completo quando o material ficou homogêneo, com cor escura e odor típico de material vegetal decomposto. Se houver presença de fibras ou granulometria grossa significa que o material não foi completamente degradado e deve ser submetido a uma nova fase de maturação ou a um processo complementar, como a vermicompostagem.

A seguinte figura mostra uma visão geral do processo de compostagem:

³ Benites *et al.* (2004) sugerem como conclusão do seu experimento que é mais adequado, para futuros trabalhos, tentar obter uma granulometria inferior ou igual a 5 cm, pois durante a fase experimental, as aparas cujo tamanho era maior do que 5 cm dificultavam o manuseio das pilhas e tinham problemas se degradando, já que se formavam bolsões de material não decomposto no meio da massa do composto.



Figura 3.5-Visão geral do ensaio de compostagem no primeiro dia (esquerda) e trinta dias depois (direita) (Benites *et al.* 2004).

3.3.2 Características da Matéria Orgânica

Devido à composição da matéria orgânica ser extremamente variável e dependente do material original, torna-se necessário conhecer a sua origem. A produção de um composto orgânico de boa qualidade requer matéria orgânica que não esteja contaminada com substâncias tóxicas (Bidone, 2001). No caso do composto em estudo, Benites *et al.* (2003), *apud* Benites *et al.* (2004), afirma que o material de origem - aparas de grama - possui um alto conteúdo de matéria orgânica e baixos teores de metais pesados e outros contaminantes.

A matéria orgânica se caracteriza por ser muito porosa. Suas partículas são coloidais e possuem grande superfície específica, inclusive muito maior que da argila (Antunes, 2006). Ela retém umidade, além de íons e cátions, e as suas cargas são dependentes do meio. A sua capacidade de troca catiônica lhe permite agregar partículas e minerais em forma de grumos ou flocos, o que gera a ocorrência de poros maiores que propiciam a aeração, o aumento de atividade microbiana e o aumento na permeabilidade. Desta forma, pode-se afirmar que a presença de matéria orgânica no solo altera a estrutura deste.

De acordo com Antunes (2006), a matéria orgânica humificada possui uma atividade muito maior que da argila, portanto, é importante conhecer suas propriedades químicas e físicas, e também as do material que se encontra em contato com ela.

Outra característica importante da matéria orgânica é que possui água adsorvida e absorvida, e uma vez que ela se seca, sua rehidratação é

irreversível. Se as partículas não são rehidratáveis, serão carregadas no momento da percolação.

3.3.3

Preparação do material antes da execução de ensaios

Utilizaram-se aproximadamente 100 kg de composto orgânico que foram previamente separados em 4 sacos no local da compostagem, e conseqüentemente apresentavam uma umidade inicial muito alta e heterogênea. Todo o material foi seco ao ar ou em uma estufa com temperatura constante de 35 graus centígrados. Posteriormente, foi todo destorroado e para evitar problemas de heterogeneidade, foi misturado em uma betoneira com capacidade de 320 litros por um tempo de 40 minutos aproximadamente. Finalmente, separou-se uma pequena quantidade para ensaios de caracterização e o resto passou-se pela peneira #4 para cumprir com a norma de compactação.

A secagem deste material possivelmente alterou significativamente a sua natureza, pois uma vez seca, a matéria orgânica não consegue ser rehidratada.

É importante mencionar que o processo de secagem, destorroamento e peneiramento foram muito demorados, devido à grande quantidade de material e ao elevado teor de umidade inicial do material.

Os ensaios para obter a caracterização física do composto assim como a determinação do teor de matéria orgânica foram realizados no Laboratório de Geotecnia e Meio Ambiente da PUC-Rio. Análises químicas mais detalhadas foram realizadas pela EMBRAPA e se apresentam no Apêndice A.

3.4

Misturas

Os dois materiais descritos - solo e composto orgânico - foram misturados em diferentes proporções para avaliar a influência do último no comportamento das misturas. Após ter secado, destorroado e passado tanto o composto quanto o solo pela peneira #4, ambos os materiais foram pesados, dosados e misturados, nas proporções mostradas na Tabela 3.1, em uma betoneira com uma capacidade de 320 litros por um período de 40 minutos aproximadamente para homogeneizar o melhor possível cada mistura. Cada uma delas foi depois armazenada em um recipiente plástico vedado com plástico para evitar variação na umidade. A seguir são apresentadas as misturas utilizadas neste estudo:

Tabela 3.1-Proporção das misturas solo-composto orgânico.

Material	Solo (%)	Composto Orgânico (%)
Mistura 1, M1	75	25
Mistura 2, M2	50	50
Mistura 3, M3	25	75

Cada uma das misturas foi caracterizada fisicamente segundo as normas NBR 6457/1986, NBR 6508/1984, NBR 7181/1984, NBR 6459/1984 e NBR 7189/1984. Deve-se lembrar que todo o material que compõe as misturas é passante na peneira #4.

Como o solo e o composto orgânico são dois materiais ativos (no caso do solo, devido aos seus argilominerais e, no composto, devido aos ácidos fúlvicos e húmicos), cada mistura tem um tempo de equilíbrio. Se houver afinidade entre eles, a matéria orgânica do composto vai agregar-se com os minerais do solo puro formando grumos. Quando o limite dessa interação solo-composto é atingido, ficam livres partículas do composto, as quais representam um excesso de matéria orgânica na mistura, e portanto, serão carregadas assim que houver presença de fluxo (Antunes, 2006).

Nos próximos capítulos, as misturas obtidas serão referidas como M1, M2 e M3; e serão consideradas para fins de estudo como um solo.