

FOZ DO  
IGUAÇU 97



**Trabalhos Técnicos**

**19º CONGRESSO BRASILEIRO DE  
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

TEMA CENTRAL  
SANEAMENTO AMBIENTAL:  
AMBIENTE DE NEGÓCIOS OU UM NEGÓCIO AMBIENTAL?

**2ª FEIRA INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS  
DE SANEAMENTO AMBIENTAL - FITABES'97**

14 A 19 DE SETEMBRO / 97

LOCAL:

*Resfain*  
PALACE HOTEL

FOZ DO IGUAÇU - PR

PROMOÇÃO / REALIZAÇÃO:



ABES - Associação Brasileira de  
Engenharia Sanitária e Ambiental  
Capítulo Nacional da AIDIS

## CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E GRANULOMÉTRICA DOS ENTULHOS GERADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL NA CIDADE DE SÃO PAULO

*c 3550*  
**Marcus Cesar Avezum Alves de Castro<sup>(1)</sup>**

Mestre e doutorando em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos - USP.

**Valdir Schalch**

Professor Doutor do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos-USP.

**José Leomar Fernandes Júnior**

Professor Doutor do Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos-USP.

**Wellinton Cyro de Almeida Leite**

Mestre e doutorando em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos- USP. Professor da UNESP de Guaratinguetá.



**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Padre Teixeira, 2257 - Centro - São Carlos - SP - CEP: 13560-210 - Brasil - Tel: (016) 272-2731.

### RESUMO

Com a intensificação do processo de urbanização, a quantidade de resíduos gerados pela construção civil torna-se cada vez mais elevada - quer pelas demolições decorrentes do processo de renovação urbana, quer por novas edificações - exigindo das administrações públicas providências para evitar o descarte destes materiais em locais inadequados, como terrenos baldios, ao longo de cursos d'água, em áreas periféricas, práticas que além do desperdício de materiais passíveis de reutilização e reciclagem, são prejudiciais ao meio ambiente e propícios à procriação de animais peçonhentos.

Contudo, o gerenciamento adequado destes resíduos, denominados entulhos, deve priorizar a sua redução, reutilização e reciclagem, diminuindo a extração de matérias-primas (mineração), a ocupação de áreas para a disposição final e os riscos à saúde.

Neste sentido, o conhecimento da composição física dos resíduos gerados na construção civil constitui-se em uma etapa imprescindível para estudos de alternativas visando a sua redução, reutilização e reciclagem. Portanto, o presente trabalho tem por objetivo relatar os resultados e a metodologia empregada para a caracterização física e granulométrica dos entulhos recebidos no Aterro de Inertes de Itatinga, localizado na zona sul da Cidade de São Paulo.

Com base nos resultados obtidos nas nove caracterizações físicas realizadas, pode-se verificar que a maior parte do material destinado ao aterro é formado pelo grupo 3 (*mistura de solo e areia*), enquanto que o segundo foi o grupo 2 (*concreto e argamassa*) seguido depois pelos materiais cerâmicos (*tijolo, telha e manilha*), *materiais de acabamento e madeira*, respectivamente.

*976002*  
*300798*

SYSNO	976002
PROD	001619
ACERVO EESC	

Com relação a caracterização granulométrica, aproximadamente 80% do entulho destinado ao Aterro de Itatinga é formado por materiais menores que 2", sendo a granulometria entre 4" e 2" a segunda maior porcentagem, seguida pelos materiais com tamanho maior que 6" e, por último, materiais entre 6" e 4".

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos Sólidos, Entulhos, Caracterização Física, Granulometria, Metodologia.

## OBJETIVO E METODOLOGIA

Com crescimento dos centros urbanos o problema da escassez de áreas para a disposição dos resíduos sólidos, torna-se cada vez mais crítica. Por outro lado, a expansão dos centros urbanos tem ocasionado no aumento, dentre outros, da geração dos resíduos originados nas obras civis, chamados popularmente de entulho. A conciliação destes dois fatos, falta de área e crescente geração de entulho, culminou com a necessidade de um gerenciamento adequado para tais resíduos, tendo em vista os grandes prejuízos causados à administração pública e ao meio ambiente pela disposição em locais inadequados como, por exemplo nas margens de rios, nos terrenos baldios e nas regiões periféricas da cidade. Segundo PINTO (3) os entulhos têm presença assegurada em qualquer tipo e porte de obra e são originados, quase sempre, da junção de fatores que, se não são plenamente superáveis, podem certamente ter sua interferência minorada.

Com base ainda no referido autor, os fatores que contribuem para a geração dos entulhos são:

- insuficiência de definição em projetos (projetos, formas, instalações);
- ausência de qualidade nos materiais e componentes de construção ofertados ao mercado;
- ausência de procedimentos e mecanismos de controle na execução, que acabam provocando perdas na estocagem e transporte no canteiro de obras, carência de controle geométrico (nivelamento, planicidade, prumo), exigindo maior consumo de material para recuperação da geometria.

Neste sentido, o conhecimento da composição física dos resíduos gerados na construção civil é a primeira etapa para se viabilizar possíveis alternativas de redução, reutilização e reciclagem. Portanto, o presente trabalho tem como objetivos realizar as caracterizações física e granulométrica dos resíduos gerados na construção civil, destinados ao Aterro de Inertes de Itatinga, suscitando uma metodologia de trabalho.

Atualmente o Aterro de Itatinga, localizado na zona sul da Cidade de São Paulo, recebe diariamente cerca de 4.000 toneladas de entulhos proveniente da limpeza de locais clandestinos de descarga - conhecidos como "bota fora"-, das reformas e construções particulares, da limpeza de terrenos, das obras públicas e da poda e limpeza de jardins realizadas pela Prefeitura.

Através de observações coletadas "in loco" pode-se verificar dois tipos de resíduos descarregados pelos veículos no aterro, a poda de árvores constituída essencialmente por material orgânico e o entulho propriamente dito, nos quais observou-se veículos contendo

terra, eletrodomésticos usados, pneus e materiais diversos. Para a amostragem geral dos resíduos destinados ao Aterro de Itatinga, considerou-se somente os veículos carregados com entulhos, enquanto que os veículos contendo poda de árvore tiveram seu peso registrado para se obter a porcentagem deste material em relação ao total.

Considerando a elevada quantidade de resíduos destinados ao aterro e tendo em vista a sua composição heterogênea, uma amostragem representativa é fundamental para se obter resultados coerentes. Neste sentido, retirou-se uma amostra com aproximadamente 10% do total descarregado diariamente (400 toneladas) no aterro, pois segundo COCHRAN<sup>(2)</sup>, esta quantidade se faz representativa com nível de confiança de 95%. Para a determinação da composição desta amostra, tomou-se por base a origem dos resíduos, através do levantamento dos tickets emitidos na pesagem dos veículos. Verificou-se então, que a quantidade total de entulho descarregado no aterro era composto por 50% de resíduos transportados por empresas contratadas pela Prefeitura de São Paulo, para a remoção de entulho das áreas clandestinas de descarte e os outros 50% eram provenientes de residências particulares. Portanto, para compor a amostra inicial reproduziu-se esta mesma proporção.

A partir de então, iniciou-se a amostragem dos veículos, de acordo com as proporções estabelecidas anteriormente. Os veículos escolhidos para a amostragem descarregavam sua carga em área pré-determinada formando vários montes, dos quais retirou-se, com o auxílio de uma retroescavadeira, cerca de 50% em peso de cada um, para formar dois outros montes com aproximadamente 25% da massa inicial. Durante a formação dos dois montes observou-se que as várias partes que o formaram estavam todas misturadas, obtendo-se uma boa homogeneização nos montes. Em seguida, formou-se um terceiro monte, a partir dos dois últimos, lançando-se alternadamente uma caçamba de cada monte, conforme o esquema da Figura 1. Em seguida, retirou-se quatro caçambadas deste último para obter a amostra final, que foi pesada e destinada ao peneiramento (caracterização granulométrica) e subsequente caracterização física. A intenção deste procedimento foi a realização da homogeneização e do quarteamento da amostra inicial, que teve como base o procedimento utilizado por CASTRO<sup>(1)</sup>.

Os materiais presentes no entulho foram classificados segundo os doze grupos listados a seguir:

- grupo 1: ferro;
- grupo 2: concreto e argamassa;
- grupo 3: mistura de solo e areia;
- grupo 4: material de acabamento;
- grupo 5: tijolo, telha e manilha;
- grupo 6: espuma, couro, borracha e tecido;
- grupo 7: papelão;
- grupo 8: poda de jardim;
- grupo 9: madeira;
- grupo 10: pneu;
- grupo 11: asfalto;
- grupo 12: concreto armado.

No caso do grupo 10 (formado por pneus) observou-se que este era pouco significativo, quando comparado por peso com os outros grupos, apesar do elevado número de pneus que chegavam ao aterro. Portanto, com objetivo de expressar com maior clareza esta quantidade, optou-se por quantificá-los por unidade.

A caracterização granulométrica foi realizada com o auxílio de uma peneira vibratória com malhas de 6" (150mm), 4" (100mm) e 2" (50mm) resultando em quatro partes diferentes: material maior que 6", material entre 6" e 4", material entre 4" e 2" e material menor que 2". Realizou-se também o peneiramento dos materiais menores que 2" em uma peneira de 5mm para separação do material fino (areia e solo) dos "cacos" de outros materiais.

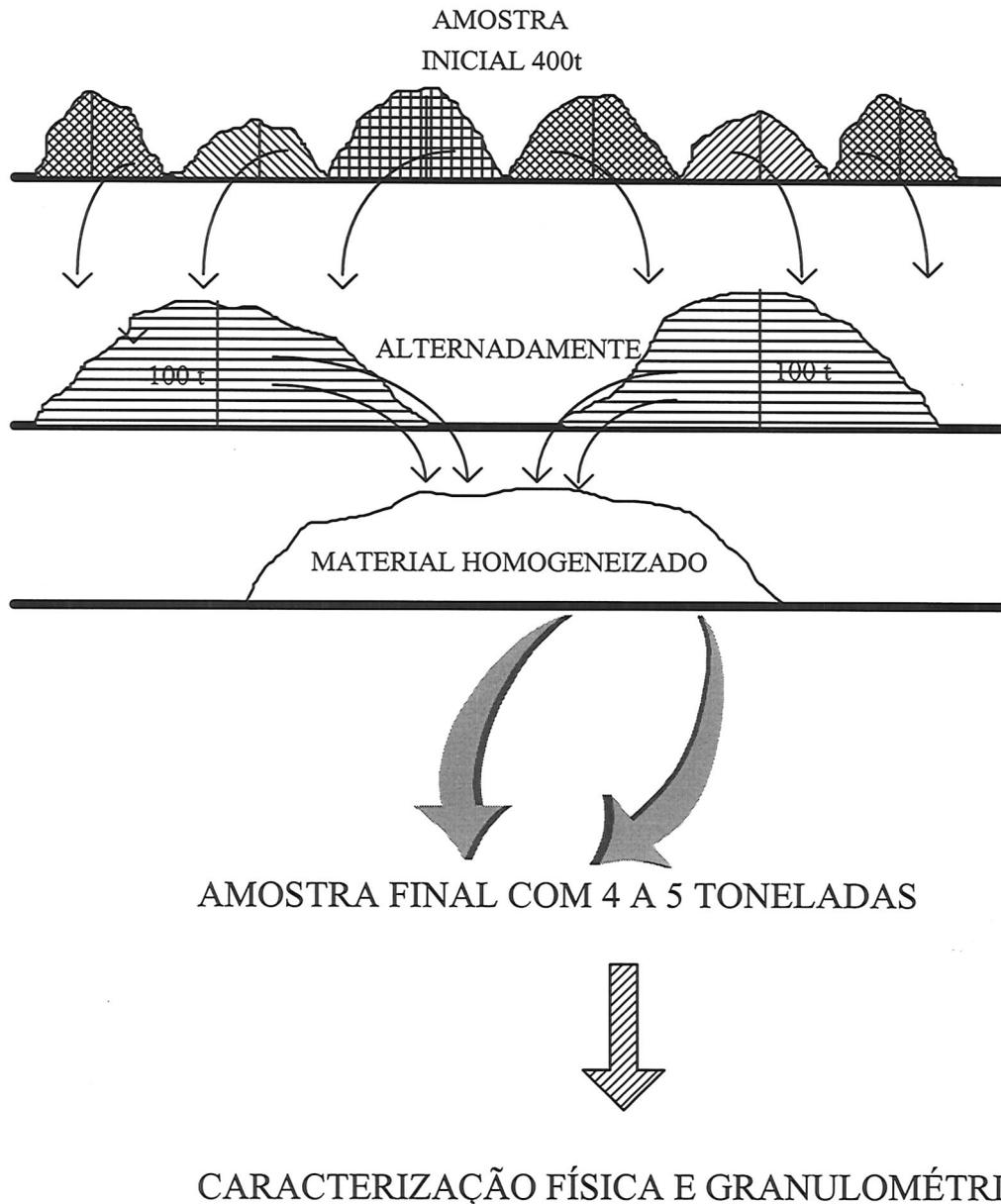


Figura 1- Esquema utilizado para obtenção da amostra destinada a caracterização.

## RESULTADOS E CONCLUSÕES

Com base na metodologia, descrita anteriormente, obteve-se os resultados apresentados a seguir, com as respectivas considerações quando necessárias. Foram realizadas nove caracterizações, no período de julho a setembro de 1996, conforme mostra a Tabela 1.

**Tabela 1 - Quantidade diária de material destinado ao aterro de Itatinga, quantidade de poda e a porcentagem retirada para amostragem inicial.**

AMOSTRA	QUANTIDADE TOTAL DE MATERIAL RECEBIDO NO ATERRO NO DIA DA AMOSTRAGEM	QUANTIDADE DE PODA QUE ENTROU NO ATERRO NO DIA DA AMOSTRAGEM		QUANTIDADE DE MATERIAL DESTINADO PARA A AMOSTRAGEM INICIAL	
	Kg	Kg	%	Kg	%
1	4.998.240	41.514	0,83	367.290	7,35
2	4.209.380	14.470	0,34	439.120	10,43
3	3.810.480	21.810	0,57	426.170	11,18
4	3.763.130	19.760	0,53	461.080	12,25
5	3.735.190	31.740	0,85	420.920	11,27
6	4.318.470	26.430	0,61	434.290	10,06
7	4.337.640	46.950	1,08	449.400	10,36
8	4.133.600	26.100	0,63	449.970	10,89
9	4.643.970	40.120	0,86	457.600	9,85
<b>MÉDIA</b>	<b>4.216.678</b>	<b>29.877</b>	<b>0,70</b>	<b>433.982</b>	<b>10,40</b>

Pode-se concluir, com base na Tabela 1, que a poda de árvores e a limpeza de jardins e praças públicas representa em média 0,7% do peso total dos materiais recebidos no Aterro de Itatinga, e apesar do peso pouco expressivo em relação ao total, a poda de árvore ocupava um volume razoável quando comparada com os entulhos, mesmo após a sua compactação. Este material, cerca de 30 t/dia, poderia ser descarregado em um local separado no próprio aterro, para ser triturado e transformado em adubo orgânico pelo processo de compostagem, já que era constituído apenas por matéria orgânica.

Conforme a Tabela 2 a seguir, pode-se verificar que 82,5% do material destinado ao aterro é composto por *mistura de solo, areia e pedra* e o segundo material mais encontrado é o *concreto e argamassa com 11,4%*, seguido depois pelos *materiais cerâmicos (tijolo, telha e manilha) com 2,6%*, *materiais de acabamento 1,0%* e *madeira 0,8%* respectivamente.

Verificou-se ainda que esta seqüência de composição se repetiu em todas as caracterizações, mostrando uma boa confiabilidade dos valores obtidos através da metodologia proposta.

TABELA 2 - Caracterização dos resíduos destinados ao aterro de inertes de Itatinga.

Nº DO GRUPO	GRUPOS	MÉDIA
1	FERRO (%)	0,28
2	CONCRETO E ARGAMASSA (%)	11,43
3	MISTURA DE SOLO E AREIA E PEDRA %	82,54
4	MATERIAL DE ACABAMENTO (%)	1,01
5	TIJOLO, TELHA E MANILHA (%)	2,57
6	ESPUMA, COURO, BORRACHA, TRAPO%	0,21
7	PAPELÃO E PLÁSTICO (%)	0,33
8	PODA DE JARDIM (%)	0,23
9	MADEIRA (%)	0,85
10	PNEU (%) *	----
11	ASFALTO (%)	0,29
12	CONCRETO ARMADO (%)	0,26
	TOTAL (%)	100,0

\* A quantidade de pneus destinada ao Aterro foi quantificada por unidade/dia.

A quantificação dos pneus destinados ao Aterro de Itatinga foi realizada durante o período de 04/06/96 a 15/07/96. Através deste apontamento, pode-se chegar a um valor médio de 35 pneus de carros por dia e 10 pneus de caminhões por dia, no respectivo período acima.

Considerando que em média chegam ao aterro 4.216,67 toneladas/dia de materiais (dado obtido da Tabela 1), pode-se chegar a um número aproximado de 1 pneu (carro ou caminhão) a cada 95 toneladas de resíduos descarregados no aterro.

Na composição do grupo 3, formado pela *mistura de solo, areia e pedra*, observou-se que parte deste material era constituído por "cacos" de outros materiais, os quais foram quantificados através do peneiramento deste material em uma peneira com malha de 5mm, obtendo-se que 36% deste grupo era constituído por "cacos" de outros materiais e 64% pela mistura de areia e solo.

Considerando que os materiais menores que 5mm, formados por areia e solo, representam a maior quantidade dos resíduos, estes poderiam ser aplicados como sub-base para a pavimentação, conforme YAMAMOTO (5). Uma outra alternativa seria a utilização como material de cobertura nos aterros sanitários. No caso do concreto e da argamassa, uma alternativa de reciclagem seria a fabricação de blocos, mourões e briquetes. Segundo PINTO (4) a redução de custo com a utilização de materiais feitos a partir dos entulhos pode variar de 45% a 80%.

Com relação a caracterização granulométrica, aproximadamente 81% em peso do entulho destinado ao Aterro de Itatinga é formado por materiais menores que 2", sendo que os materiais com tamanho entre 4" e 2" representaram 9%, seguidos pelos materiais com tamanho maior que 6" com 6% do total e, por último, materiais entre 6" e 4" com 4%, conforme a Tabela 3

Tabela 3 - Granulometria dos resíduos amostrados.

GRANULOMETRIA (EM POLEGADA)	MÉDIA (EM %)
MAIOR QUE 6"	6,13
ENTRE 6" E 4"	3,37
ENTRE 4" E 2"	9,08
MENOR QUE 2"	81,43
TOTAL (%)	100,00

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CASTRO, M.C.A.A. *Avaliação da eficiência das operações unitárias de uma usina de reciclagem e compostagem na recuperação dos materiais recicláveis e na transformação da matéria orgânica em composto*. São Carlos, 1996. 113p. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
2. COCHRAN, W.G.; WILEY, J.& SON. *Sampling Techniques*. 1978.
3. PINTO, T.P. Para não virar pó. **Revista Construção**, no 2348, p.10, fevereiro de 1993.
4. PINTO, T.P. Entulho de construção: problema urbano que pode gerar soluções. **Revista Construção**, no 2325, p.11 e12, agosto de 1992.
5. YAMAMOTO, H. Tudo se transforma. **Revista Construção**, no 2315, p.14, junho.1992.