

III-391 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA-ES

Bruno de Freitas Ramos⁽¹⁾

Tecnólogo em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo.

Daniel Wernersbach Muzzi

Tecnólogo em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo.

Daniella Cardoso Buzzi

Bacharel e Licenciada em Química e Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo.

Florindo dos Santos Braga

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo. Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo.

Gláucia de Laia Nascimento

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo.

Endereço⁽¹⁾: Rua Monte Everest, S/N, Colina de Laranjeiras, CEP: 29167-092 - Serra-ES. Brasil - Tel: (27) 9609-0882 - e-mail: brufreram@yahoo.com.br

RESUMO

O setor da construção civil é responsável pela geração de grandes volumes de resíduos sólidos, que são provenientes de demolições, edificações, reformas, terraplenagem, obras de pavimentação, entre outras. Estes resíduos sólidos, denominados Resíduos da Construção Civil (RCC's) e conhecidos no Brasil como entulho, quando não gerenciados adequadamente, podem afetar significativamente a qualidade ambiental urbana. O objetivo principal deste trabalho foi caracterizar fisicamente o entulho gerado no município de Vitória-ES e de responsabilidade da administração desta municipalidade, denominado **ENTUV-ES**, buscando-se fornecer subsídios para o seu gerenciamento adequado. Nos resultados obtidos, verificou-se que 97,90% em peso dos materiais presentes neste resíduo sólido são passíveis de reutilização ou reciclagem.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos, Resíduos da Construção Civil, Caracterização física.

INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais causados pelo setor da construção civil possuem significativa relevância, principalmente aqueles relacionados ao consumo de recursos naturais e à geração de resíduos sólidos.

Os resíduos sólidos gerados em demolições, edificações, reformas, terraplenagem, obras de pavimentação, etc., definidos, por normas e legislações brasileiras, como Resíduos da Construção Civil (RCC's), também conhecidos como Resíduos da Construção e Demolição (RDC's) e comumente chamados no Brasil de entulho, possuem grande heterogeneidade em sua composição, devido à variabilidade de processos de construção e de demolição e à presença de resíduos sólidos de outras fontes em meio aos RCC's.

Desta forma, para o gerenciamento adequado e para maximização da reutilização e da reciclagem de RCC's, a caracterização deste resíduo sólido torna-se necessária. Dentre estas caracterizações, destaca-se a determinação do peso específico aparente, definido como sendo o peso de resíduo sólido sem compactação em função de seu volume ocupado, e a composição gravimétrica, que se trata do percentual de cada material presente no resíduo sólido em relação ao peso total de uma amostra em estudo.

Neste contexto, este trabalho está fundamentado na realização de estudos de caracterização física do entulho gerenciado pela Prefeitura Municipal de Vitória-ES, com determinações de peso específico aparente e

composição gravimétrica, buscando avaliar o potencial de reutilização ou reciclagem deste resíduo sólido e fornecer subsídios para seu gerenciamento adequado.

MATERIAIS E MÉTODOS

O Entulho de Vitória-ES (**ENTUV-ES**), material em análise neste trabalho, é o resíduo sólido gerado no município de Vitória-ES, coletado pelo Serviço de Limpeza Urbana desta municipalidade e transbordado na Usina de Triagem e Compostagem de Vitória-ES (UTCV), tendo como local de disposição final um Aterro para Resíduos Classe IIB-Inertes localizado no Bairro Jardim Tropical, município de Serra-ES, definido neste estudo como **ARIMA**.

O **ENTUV-ES** possui como fontes geradoras as “Estações Bota-Fora”, os “Pontos viciados”, as “Obras públicas”, a “Limpeza de logradouros públicos” e a “Manutenção de áreas verdes”. As “Estações Bota-Fora” são locais de entrega voluntária de RCC’s e de resíduos volumosos, gerados por pequenos geradores, que não são passíveis de coleta regular realizada por caminhões compactadores. Os “Pontos viciados” são terrenos baldios ou logradouros públicos nos quais a população circunvizinha dispõe inadequadamente resíduos sólidos, como os RCC’s e resíduos volumosos. Algumas obras licitadas pela Prefeitura Municipal de Vitória-ES não possuem em sua planilha orçamentária o item de remoção de resíduos sólidos e os mesmos são gerenciados pelo Serviço de Limpeza Pública local.

Os procedimentos adotados para a caracterização física do **ENTUV-ES** foram realizados de acordo com descrições de *Monteiro et al.* (2001) e *Carneiro et al.* (2001). Sendo todos os materiais encontrados nas amostras enquadrados nas classes apresentadas na Resolução CONAMA 307/02, obteve-se uma classificação do **ENTUV-ES**.

A caracterização física do **ENTUV-ES** foi desenvolvida em 03 (três) fases. Nos próximos 03 (três) subitens serão apresentados maiores detalhes sobre as fases realizadas neste trabalho.

Fase 01 - Amostragem do ENTUV-ES

As campanhas de amostragem do **ENTUV-ES** foram desenvolvidas no mês de abril de 2007 no **ARIMA**. Foi realizado um total de 03 (três) campanhas de amostragem por semana, sendo que suas datas de desenvolvimento foram escolhidas de forma aleatória. Desta forma, realizaram-se 12 (doze) campanhas de amostragem de **ENTUV-ES** neste trabalho.

Durante o período de realização das campanhas de amostragem, a disposição do **ENTUV-ES** no **ARIMA** era realizada por 02 (duas) carretas, com caçambas basculantes de capacidade volumétrica de transporte de 40 m³.

O desenvolvimento diário das campanhas de amostragem foi feito a partir da coleta de amostras simples efetuadas em 03 (três) pilhas de **ENTUV-ES** descarregadas pelas carretas durante o período diurno. Cada pilha dava origem a uma amostra simples de **ENTUV-ES** com 400 litros.

As amostras simples de **ENTUV-ES** foram obtidas por meio de quarteamentos sucessivos a partir de pilhas formadas por descarregamentos de **ENTUV-ES** no **ARIMA**.

Parte do quarteamento das pilhas de **ENTUV-ES** foi realizada de forma mecanizada, com auxílio de retro-escavadeiras em 04 (quatro) repetições, e parte de forma manual, utilizando-se pás e enxadas em uma só vez.

As 03 (três) amostras simples coletadas por dia formaram, então, uma amostra composta de **ENTUV-ES**.

Fase 02 – Peso específico aparente

Cada amostra composta de **ENTUV-ES** coletada diariamente no **ARIMA** formou um volume de 1,2 m³, acondicionado em 06 (seis) tambores metálicos de 200 litros cada.

O peso específico aparente de cada amostra composta de **ENTUV-ES** foi determinado conforme proposições de *Monteiro et al.* (2001).

Fase 03 – Classificação segundo a Resolução CONAMA 307/02

Para classificação das amostras compostas de **ENTUV-ES** segundo a Resolução CONAMA 307/2002, foram desenvolvidas atividades que buscavam o conhecimento da composição gravimétrica deste resíduo sólido,

sendo as mesmas realizadas no Laboratório de Ensaio em Resíduos Sólidos (**LABERSOL**) do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo nos meses de abril e maio de 2007. Os grupos de composição gravimétrica foram criados conforme adaptação da metodologia apresentada por *Carneiro et. al* (2001), num total de 25 grupos.

Os grupos dos materiais foram então enquadrados nas classes estabelecidas pela Resolução CONAMA 307/02. Devido às características do **ENTUV-ES** foi criada uma classe além das descritas nesta Resolução, sendo ela aqui definida como Classe “Resíduos volumosos”.

No Quadro 1 apresentam-se os grupos utilizados para a obtenção da composição gravimétrica das amostras compostas de **ENTUV-ES**.

Quadro 1: Grupos para obtenção de composição gravimétrica das amostras compostas de ENTUV-ES

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classe de resíduos volumosos
1. solo e areia	10. metais ferrosos	18. gesso	20. borras ou embalagens de tintas	25. podas de árvores e vegetais
2. cerâmica branca	11. metais não-ferrosos	19. espuma, couro e tecido	21. líquidos ou embalagens de solventes	26. móveis usados
3. cerâmica vermelha	12. plástico		22. líquidos ou embalagens de óleos minerais	
4. asfalto	13. papel		23. lâmpadas fluorescentes	
5. concreto simples	14. papelão		24. amianto	
6. concreto armado	15. madeira			
7. argamassa	16. borracha			
8. rocha e brita	17. vidro			
9. outros				

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Peso específico aparente do ENTUV-ES

Na Tabela 1 apresentam-se a média aritmética, o desvio padrão, o coeficiente de variância e a mediana dos pesos específicos aparentes das amostras compostas de **ENTUV-ES**.

Tabela 1: Peso específico aparente das amostras compostas de ENTUV-ES

Parâmetro estatístico	Resultado
Média aritmética	660,40 kg/m ³
Desvio padrão	73,67 kg/m ³
Coeficiente de variação	11,16%
Mediana	648,42 kg/m ³

Os resultados de peso específico aparente das amostras compostas variaram de 570,63kg/m³ a 779,00kg/m³.

Os resultados apresentados na Tabela 1 demonstram que não existe alta dispersão entre os pesos específicos aparentes das amostras compostas de **ENTUV-ES**. Analisando-se o coeficiente de variação, estimado em 11,16% (menor que 50%), verifica-se que a média aritmética obtida (660,40kg/m³) pode ser uma boa medida para representar os pesos específicos das amostras compostas de **ENTUV-ES**.

Com uma geração de 7.066,40 toneladas e considerando um peso específico aparente médio de 660,40kg/m³, estima-se um volume de **ENTUV-ES** para o mês de abril de 2007 de 10.700,18 m³, volume esta capaz de carregar em torno de 268 (duzentos e sessenta e oito) carretas com capacidade de 40m³.

Classificação segundo a Resolução CONAMA 307/02

O grupo “1.solo e areia”, material pertencente à Classe A, foi o que apresentou maior percentual em peso (mínimo de 22,91% e máximo de 44,04%) em todas as amostras compostas do **ENTUV-ES**. Esta prevalência

em termos percentuais pode ter acontecido porque o **ENTUV-ES** possui como fonte geradora não somente a construção civil, mas também, dentre outras, a limpeza de logradouros públicos. Os resíduos sólidos gerados nesta limpeza possuem consideráveis quantidades de solo e areia que são coletados após as atividades de varrição de logradouros, o que pode ter influenciado significativamente na composição das amostras compostas de **ENTUV-ES**.

A Classe B, que são os materiais reutilizáveis ou recicláveis para outros fins que não os agregados, apresentou porcentagens variando entre 4,83% e 13,01%, com o grupo “15.madeira” configurando-se no maior contribuinte desta classe. A madeira é um material bastante utilizado em obras civis prediais, por tempo determinado, em tapumes, andaimes, fôrmas, gabaritos e escoramentos diversos. Ao término destas obras, as mesmas ficam sem serventia, sendo descartadas, o que pode ter contribuído na considerável geração do grupo “15.madeira”.

Ainda, 75% das amostras compostas de **ENTUV-ES** apresentaram menor percentual em peso de materiais pertencentes à Classe D (resíduos perigosos), com mínimo de 0,34% e máximo de 1,66%, porcentagens estas insignificantes perante a massa de geração deste resíduo sólido. Contudo, destaca-se que, mesmo presente em pequena escala no **ENTUV-ES**, esta classe é composta por resíduos sólidos com maior potencial de risco para o meio ambiente e a saúde pública, necessitando, desta forma de maiores critérios para o seu gerenciamento, seja na coleta, acondicionamento, transporte ou disposição final.

É importante ressaltar que 11 (onze) das 12 (doze) amostras compostas de **ENTUV-ES** tiveram a Classe “Resíduos volumosos” como a segunda maior contribuinte em suas composições, com porcentagens em peso variando entre 4,32% e 19,88%. Os resíduos sólidos enquadrados nesta classe (“25.podas de árvores e vegetais” e “26.móveis usados”) não são gerados na construção civil e, no caso das podas de árvores e vegetais, possuem certa biodegradabilidade, necessitando-se de disposição final em aterros para resíduos não inertes (Classe IIA).

A Figura 1 demonstra uma distribuição das proporções em peso por classe de **ENTUV-ES** em forma de um gráfico de “pizza”.

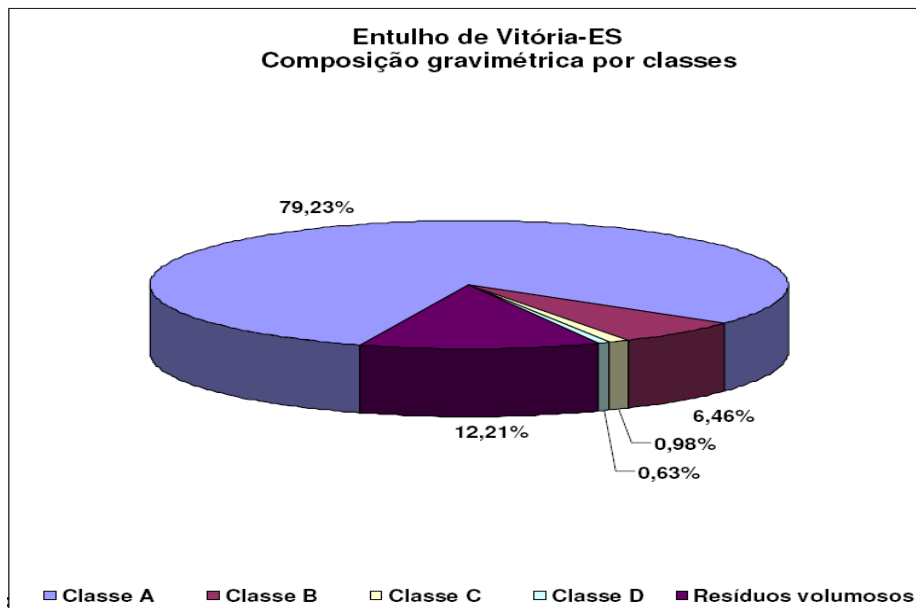


Figura 1: Composição gravimétrica por classes

Com os resultados apresentados na Figura 1 pode-se descrever que, apesar de sua considerável geração e dos impactos negativos que o seu gerenciamento inadequado pode ocasionar, o **ENTUV-ES** possui grande potencial para a reutilização ou reciclagem. Os materiais com este potencial estão enquadrados nas Classes A, B e de Resíduos volumosos, em um total médio de 97,90% em peso.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em relação à caracterização física do **ENTUV-ES**, os seguintes aspectos podem ser concluídos:

- O peso específico aparente médio do **ENTUV-ES** estimado foi de $660,40\text{kg/m}^3$, com valores variando nas amostras compostas entre $570,63\text{kg/m}^3$ e $779,00\text{kg/m}^3$;
- Na classificação segundo a Resolução CONAMA 307/02, a composição gravimétrica do **ENTUV-ES** apresentou percentuais médios em peso de 79,23% da Classe A, 6,46% da Classe B, 0,98% da Classe C, 0,63% da Classe D e 12,21% da Classe Resíduos volumosos;
- Apesar de sua considerável geração e dos problemas que o seu gerenciamento inadequado pode ocasionar, o **ENTUV-ES** possui alto potencial para a reutilização ou reciclagem, com uma porcentagem média em peso de 97,90% de materiais presentes neste resíduo sólido passíveis de terem estas destinações.

Deste trabalho são importantes as seguintes recomendações:

- Avaliar a variação do peso específico aparente e da composição gravimétrica por fontes geradoras do **ENTUV-ES** e ao longo do tempo, considerando a sazonalidade, buscando fornecer melhores subsídios para o gerenciamento adequado deste resíduo sólido;
- Estudar os Resíduos da Construção Civil (RCC's) gerados nos outros municípios da Grande Vitória, pois as ações de gerenciamento de resíduos sólidos em regiões metropolitanas devem ser realizadas de forma integrada entre as municipalidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Presidente: Jose Carlos Carvalho. Brasília, 2002.
2. CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S; CASSA, J. C. S (coordenadores). **Reciclagem de entulho para a produção de matérias de construção**. Caixa Econômica Federal. EDUFBA. Salvador, 2001.
3. MONTEIRO, J.H.P et al.. **Manual de gerenciamento integrado dos resíduos sólidos**. Coordenação técnica de Vitor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM), 2001.