



CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA DE RESÍDUOS GERADOS POR LABORATÓRIOS DE PESQUISA E O SEU REAPROVEITAMENTO EM LABORATÓRIO DE ENSINO

Isabela S. Melo – imelo06@yahoo.com.br

Filipe B. Santos – filipebsantos41@hotmail.com

Marlice C. Martelli – martelli@ufpa.br

Shirley C. C. Nascimento – sccn@ufpa.br
Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Química
Rua Augusto Corrêa, 01 – Guamá
66075-110 – Belém – PA

Resumo: *O presente trabalho trata da elaboração de uma prática de laboratório sobre conteúdos da disciplina de processos de separação, obrigatória na estrutura curricular do curso de Engenharia Química da Universidade Federal do Pará. Tal prática visa o reaproveitamento de um resíduo proveniente da Engenharia Civil que, normalmente, não tem um descarte adequado para utilização como agregado reciclado. Visando uma aplicação para este material foi proposto reaproveitá-lo para práticas educacionais usando a própria metodologia empregada em processo de reciclagem, ressaltando então a sua importância ambiental. A metodologia empregada foi a de cominuição, através das etapas de britagem e moagem seguida então por classificação granulométrica para averiguar a faixa em que se adequa o subproduto. Os resultados obtidos apresentaram a predominância de 3,6 mm de diâmetro, comprovando que sua reciclagem é viável e está dentro da faixa dos padrões de granulometria impostos pela norma ABNT/NBR 9935, que determina para Areia Reciclada Mista – ARM 0 ou Areia Mista com faixa de granulometria entre 0,1 e 4,5 mm podendo ser destinado à fabricação de artefatos de concreto.*

Palavras-chave: *Resíduo, Cominuição, Reciclagem*



1. INTRODUÇÃO

A construção é uma das atividades mais antigas que se tem conhecimento e desde os primórdios da humanidade foi executada de forma artesanal, gerando como subprodutos grande quantidade de entulho mineral. Tal fato despertou a atenção dos construtores já na época da edificação das cidades do Império Romano e desta época datam os primeiros registros da reutilização dos resíduos minerais da construção civil na produção de novas obras.

Entretanto, só a partir de 1928 começaram a ser desenvolvidas pesquisas de forma mais sistemática para avaliar o consumo de cimento, a quantidade de água e o efeito da granulometria dos agregados oriundos de alvenaria britada e de concreto. Porém, a primeira aplicação significativa de entulho só foi registrada após a segunda guerra mundial, na reconstrução das cidades Europeias, que tiveram seus edifícios totalmente demolidos e os escombros ou entulho resultante foi britado para produção de agregado visando atender á demanda na época. Assim, pode-se dizer que a partir de 1946 teve início o desenvolvimento da tecnologia de reciclagem de entulho da construção civil. (LEVY&HELENE, 1995)

Hoje as linhas de pesquisa voltadas para construção civil estão cada vez mais presentes dentro das universidades. Como consequência disso, temos também o aumento da geração de entulhos provenientes dessas atividades e apesar das universidades serem as principais promotoras da educação ambiental, nem sempre sua comunidade lida com esse tipo de resíduo da forma mais correta.

De acordo com a CONAMA 307 Art. 3º, os resíduos da construção civil estão classificados como A. Esses são componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, etc.), argamassa e concreto, provenientes de construções, demolições e reformas que não tenham algum tipo de contaminação.

Reciclar o entulho, independente do uso que a ele for dado, representa vantagens econômicas, sociais e ambientais, tais como: economia na aquisição de matéria-prima, devido à substituição de materiais convencionais, pelo entulho o que gera diminuição da poluição pelo entulho e de suas consequências negativas como enchentes e assoreamento de rios e córregos, e preservação das reservas naturais de matéria-prima. (URBAM, 2015)

A reutilização e reciclagem dos resíduos da construção civil como matéria-prima traz inúmeros benefícios econômicos e ambientais, pois minimizam a extração de recursos naturais, cujo suas reservas em grande maioria escassas, além de reduzir os níveis de poluição atmosférica elevada em função da extração, processamento e transporte. Esse processo, consequentemente possui um custo menor.

Aqui foi proposta a elaboração de uma prática em disciplina de conteúdo de processos de separação, que possa reutilizar o resíduo de construção civil do Lab de Engenharia Civil da UFPA, com vista a obter aplicação em fabricação de artefatos de concreto.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais e equipamentos

- Corpos de prova reaproveitados;
- Balança analítica;
- Britador de mandíbulas;
- Malhas de peneiramento (#3,5, #10, #14, #32, #48, #80, #100, #150, #200 série Tyler)
- Moinho de bolas (CIMAQ S.A. IND. E COM.);
- Estufa;
- Agitador de peneiras;
- Suporte.

2.2. Procedimento experimental

Para a obtenção dos dados e realização das práticas foram coletados no Laboratório de Engenharia Civil – LEC, localizado no Campus 2 da Universidade Federal do Pará – UFPA, corpos de provas que após ensaios de resistência à compressão, são geralmente descartados.

Para possibilitar a reciclagem é necessário que esse resíduo seja processado através da cominuição (britagem e/ou moagem) e posteriormente seja classificado e separado de acordo com sua granulometria para que tenha a aplicação correta. Pensando nessa necessidade, procedeu-se a metodologia conforme as descrições a seguir.

Os corpos de prova permaneceram em estufa a 105°C por 24 horas para retirada do excesso de umidade. Após esse período, o material foi britado em um britador de mandíbulas (Figura 1) e, posteriormente transferido para o moinho de bolas, onde o tempo de moagem foi de 15 minutos (Figura 2). Em seguida a massa da amostra moída foi medida.

Figura 1 – Britador de mandíbulas



Figura 2 – Moinho de bolas



Paralelamente à moagem da amostra, ocorreu a medida de massas das peneiras em balança analítica. As peneiras foram então dispostas em ordem decrescente de diâmetro e o material moído foi despejado na peneira do topo. Procedeu-se o peneiramento no agitador de peneiras durante 5 minutos conforme a Figura 3 e, em seguida, as foram medidas as massas das peneiras novamente para obter a quantidade de material retido em cada uma.

Figura 3 – Agitador de peneiras (Processo de peneiramento)





2.3. Tratamento de dados

O diâmetro médio das partículas que passam em cada peneira foi estimado como sendo o valor médio entre o diâmetro de abertura da peneira analisada (n) e o diâmetro de abertura da peneira anterior (n-1), de acordo com a Equação (1).

$$\text{Diâmetro médio} = \frac{D_n + D_{n-1}}{2} \quad (1)$$

As porcentagens de massas retidas e passantes foram calculadas pelas Equações (2) e (3). Assim, foi possível calcular as porcentagens acumuladas de massas retidas e passantes através das Equações (4) e (5) respectivamente.

$$\%Retida = \frac{m_{retida}}{m_{total}} * 100 \quad (2)$$

$$\%Passante = \frac{m_{total} - m_{retida}}{m_{total}} * 100 \quad (3)$$

$$\%Retida \text{ acumulada} = \%Retida + \%Retida \text{ nas peneiras anteriores} \quad (4)$$

$$\%Passante \text{ acmulada} = 1 - \%Retida \text{ acumulada} \quad (5)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

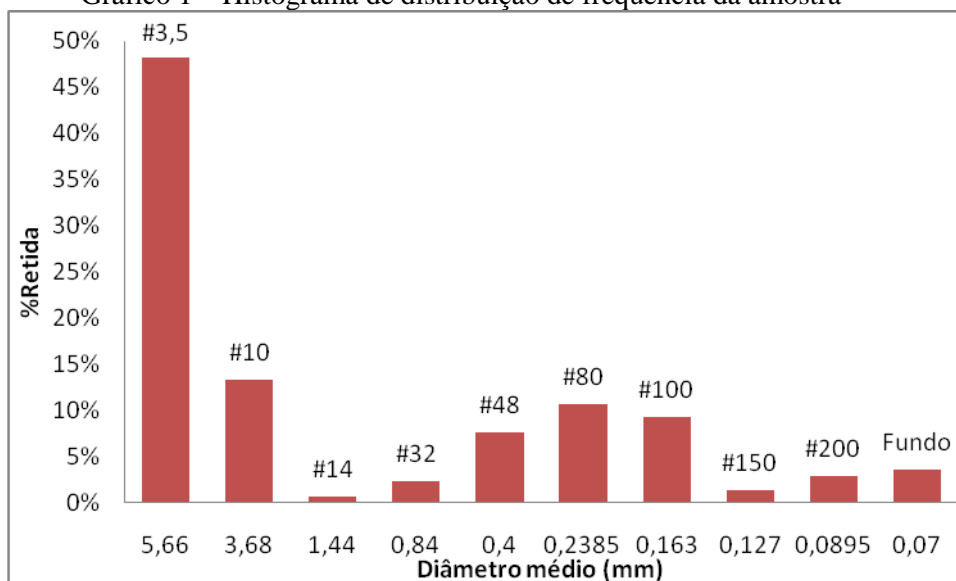
A obtenção das massas retidas em cada peneira nos permite analisar a granulometria do material. Tais resultados estão representados na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise granulométrica da amostra de resíduo de Engenharia Civil

#Tyler	Diâmetro médio D# (mm)	Massa Retida (g)	%Retida	%Passante	%Retida Acumulada	%Passante Acumulada
+ 3,5	5,66	1425	48%	52%	48%	52%
-3,5+10	3,68	395	13%	87%	62%	38%
-10+14	1,44	20	1%	99%	62%	38%
-14+32	0,84	70	2%	98%	65%	35%
-32+48	0,4	225	8%	92%	72%	28%
-48+80	0,2385	315	11%	89%	83%	17%
-80+100	0,163	275	9%	91%	92%	8%
-100+150	0,127	40	1%	99%	94%	6%
-150+200	0,0895	85	3%	97%	96%	4%
Fundo	0,07	105	4%	96%	100%	0%
Total		2955	100%			

A partir dos dados apresentados na tabela 1 é possível representar no Gráfico 1 uma distribuição do tamanho dos grãos em função do diâmetro de abertura de cada peneira.

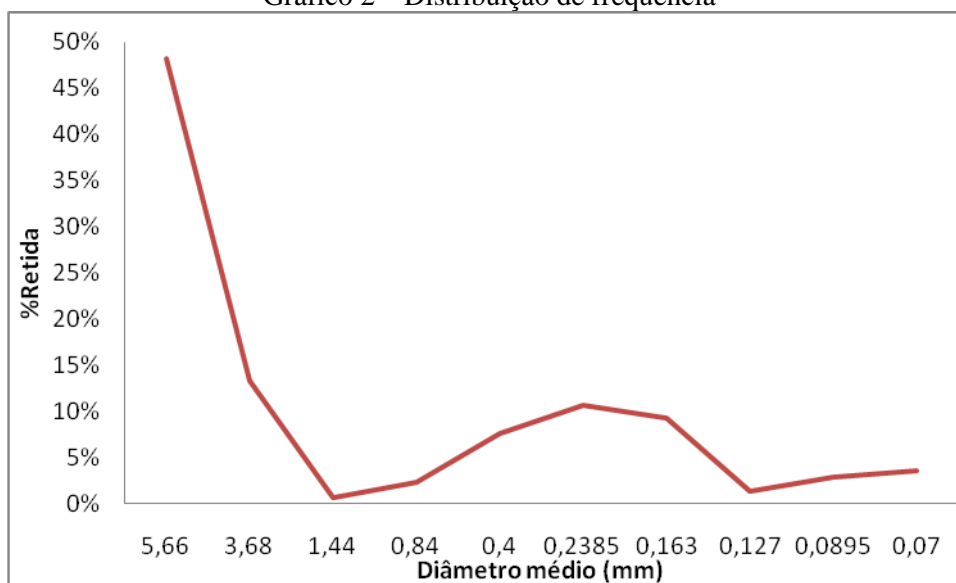
Gráfico 1 – Histograma de distribuição de frequência da amostra



Nota-se que a amostra apresentou uma distribuição concentrada entre as peneiras #3,5 e #10, com uma maior incidência sobre a peneira #3,5.

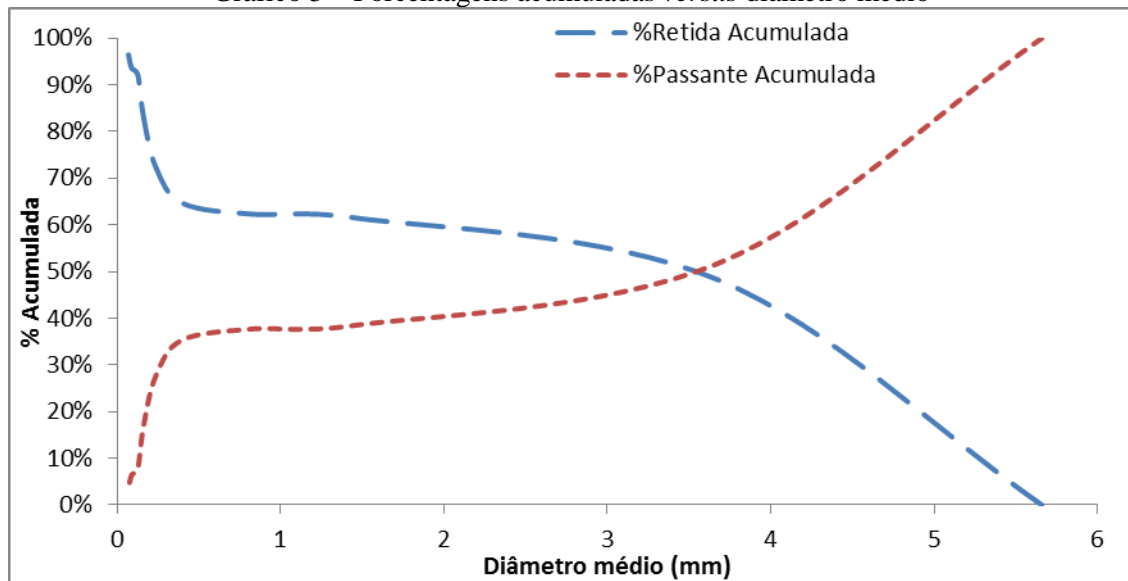
Observando o gráfico 2 é possível analisar que seu comportamento não revelou uma curva Gaussiana, o que indica a ausência de um padrão granulométrico médio e consequentemente apresenta uma granulometria não homogênea.

Gráfico 2 – Distribuição de frequência



De acordo com a análise acumulativa da granulometria, que pode ser visualizada no Gráfico 3, a interseção entre as duas curvas (retida e passante acumulada), torna-se evidente que o diâmetro médio da amostra foi de 3,6 mm.

Gráfico 3 – Porcentagens acumuladas *versus* diâmetro médio



Através da análise dos dados acima apresentados, o diâmetro médio da amostra estabelecido foi o de 3,6 mm, o que o caracteriza, de acordo com a norma ABNT/NBR 9935, como Areia Reciclada Mista – ARM 0 ou Areia Mista por apresentar granulometria entre 0,1 e 4,8mm.

4. CONCLUSÃO

O estudo da granulometria dos resíduos provenientes da engenharia civil possibilitou constatar que após um processo de cominuição (britagem e moagem), houve predominância de partículas com diâmetro a 3,6 mm.

A partir de uma granulometria comprovada, foi possível classificar o resíduo processado como Areia Reciclada Mista – ARM 0 ou Areia Mista o que permite definir um destino para reciclagem. Neste caso, o uso recomendado seria na fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, pisos intertravados, manilhas de esgoto, entre outros.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9935**: Agregados – Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução 307**: Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, 2002.

FOUST, Alan S. Princípios das operações Unitárias. Ed. LTC, 1982.

LEVY, S. M.; HELENE, P.R.L.. Reciclagem de entulhos na construção civil e a solução política e ecologicamente correta. Simpósio Brasileiro de Tecnologias de Argamassa, PP 315-325, Goiânia, Brasil. Agosto 1995.

SOUSA, Bruna; NASCIMENTO, Larissa; UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, Instituto de tecnologia. Práticas de cominuição: britagem, moagem e peneiramento, 2014. Relatório acadêmico.

URBEM, T. A. **Citação de referências e documentos eletrônicos**. Disponível em: <<http://www.abrecon.org.br/Conteudo/8/Aplicacao.aspx>> Acesso em: 04 mai. 2015



ZAGO, V. C. P. *et al.* Diagnóstico qualitativo dos resíduos sólidos gerados por laboratórios de ensino e pesquisa do campus I - CEFET-MG. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Juiz de Fora, Brasil. Setembro 2014.

PARTICLE SIZE CHARACTERIZATION OF RESEARCH LABORATORY GENERATED WASTES AND THEIR USE IN EDUCATIONAL LABORATORIES

Abstract: *This paper deals with the development of a practical laboratory of the discipline of separation processes content, compulsory in the curriculum of the course in Chemical Engineering from the Federal University of Pará. This practice aims to reuse a waste from civil engineering that normally, has no proper disposal for use as recycled aggregate. Aiming an application for this material was proposed repackage it for educational practices using the very methodology used in the recycling process, so emphasizing their environmental importance. The methodology used was the size reduction, through the steps of crushing and grinding then followed by size classification to determine the band that fits the byproduct. The results showed a prevalence of 3.6 mm in diameter, showing that recycling is feasible and is within the range of particle size standards imposed by the ABNT / NBR 9935, which determines Sand Mixed Recycled - ARM 0 or Sand Mixed with range of particle size between 0.1 and 4.5 mm can be used to manufacture concrete artifacts.*

Keywords: *Waste, Comminution, Recycling*