

# ANÁLISE DOS ÍNDICES FÍSICOS DA CINZA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E DA AREIA NATURAL<sup>1</sup>

CECHIN, L., Universidade do Contestado, e-mail: luhcechin@gmail.com; CONSUL, M., Universidade do Contestado, e-mail: marcioconsul@hotmail.com; MARTINS, M. A., Universidade do Contestado, e-mail: mariane\_arrudamartins@hotmail.com; GRAUPMANN, O., Universidade do Contestado, e-mail: eugraupmann@yahoo.com.br

## ABSTRACT

*The objective of this study is to analyze the contents of the physical medium sand and ash from municipal solid waste resulting from heat treatment processes. Assays were performed in the laboratory to characterize the physical indexes from sand and ash, the tests used were water absorption, dry bulk density of the aggregate density by the pycnometer, specific gravity bottle of Chapman and the material passing through the sieve 0.075mm. The importance of this study is due to the fact that the ash is a material resulting from the burning of solid waste for landfill which generates an environmental liabilities, and may cause damage to the environment. However, the use of this material can reduce the impact on the environment.*

**Keywords:** Medium sand. Ash. Municipal solid waste.

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo dados do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - ABRELPE (2016), em 2016 a quantidade de lixo coletado no Brasil foi de 71,3 milhões de toneladas e 7 milhões de toneladas de lixo não foram coletados, o que indica que tiveram uma destinação inadequada.

A Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental - RECESA determina que para fazer a destinação do resíduo deve-se considerar uma série de fatores a fim de diminuir os impactos e a poluição, e evitar que sejam destinados em locais impróprios. A RECESA define ainda as principais formas de tratamentos de resíduos, sendo: aterro sanitário, reciclagem, compostagem e incineração. Afirma também que no Brasil há três formas de destinação de resíduo sólido urbano, que são os aterros sanitários, aterros controlados e lixões.

Na busca por novas soluções direcionadas para gerar o menor impacto possível no meio ambiente surgem tecnologias voltadas para a recuperação de matérias-primas e energia dos resíduos. Dentre esses processos destacam-se a incineração, a gaseificação e a pirólise (LOPES, 2014).

O processo de incineração constitui-se na redução de peso e volume dos resíduos, o que contribui na eliminação da matéria orgânica por meio da queima controlada (SHINOTSUKA, NAKAGAWA, 2014).

Itô (2014) defende que o processo de incineração consiste no procedimento

---

<sup>1</sup> CECHIN, L. Análise dos índices físicos da cinza de resíduos sólidos urbanos e da areia natural. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018. Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

de decomposição térmica aproveitando o poder calorífico presente nos resíduos por meio da queima, reduzindo o volume e peso, eliminando também a matéria orgânica e patogenicidade.

A gaseificação é determinada como sendo um processo de conversão termoquímica de material no estado sólido ou líquido em estado gasoso, por meio do uso parcial de oxigênio em altas temperaturas que variam entre 800 e 1100 °C (LORA, E. et al. 2012).

Para Basu (2010) a gaseificação converte fóssil ou combustível não fóssil (sólido, líquido ou gás) em gases. As formas mais usuais de realizar o processo de gaseificação são em gaseificadores do tipo: leito móvel ou leito fixo, leito fluidizado e de fluxo arrastado.

A gaseificação está diretamente ligada à redução significativa do volume de resíduos, envolvendo a conversão em gás e escória considerada inerte, ainda podendo haver a recuperação de energia (D OVETAIL P ARTNERS 2010).

A pirólise é denominada como degradação termoquímica, e acontece na ausência de oxigênio, empregando calor em um determinado material, e necessitando assim de uma fonte externa de calor para seu andamento. O que a torna um processo endotérmico, e resultando em parte sólida, líquida e gasosa (LORA, E. et al. 2012).

Pereira (2016) afirma que o calor no processo de pirólise ocasiona a quebra das ligações químicas da cadeia orgânica, sendo assim denominado como destilação destrutiva.

Segundo Basu (2010), a pirólise é um procedimento de decomposição térmica, na ausência total do oxigênio. Pode apresentar até três variações: pirólise leve, pirólise lenta e pirólise rápida.

O material resultante dos processos térmicos é caracterizado como cinza e pode ser utilizada em aplicações na construção civil.

A cinza pode apresentar grande variação quanto a sua composição, tem ligação direta com o que constitui o resíduo e das características aplicadas no processo. Silva (2017) determina que a cinza pode ter várias aplicações na construção civil, como por exemplo, na construção de tijolos, cerâmicas e telhas.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Materiais**

Os materiais utilizados foram agregado miúdo, neste caso areia média com um módulo de finura de 2,18 proveniente da região do rio Iguaçu, e cinza de processo de tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos, que após passar pela peneira 8 para retirada de materiais queimados inadequadamente, apresentou um módulo de finura de 2,14. Os dois

materiais passaram pelo método de composição granulométrica e apresentaram uma dimensão máxima de 2,36 milímetros, conforme NBR NM 248 (ABNT, 2003).

## 2.2 Métodos

Para a determinação da absorção de água em agregados miúdos foi separado 1 kg de cada material seco em estufa, a uma temperatura de 105°C. Estes elementos foram submersos em água em um período de 24 horas. Logo após foi retirado o excesso de água, e todo material foi espalhado sobre uma superfície plana para secar a uma temperatura ambiente. Em determinados períodos as amostras foram ensaiadas em um molde, onde receberam 25 golpes com uma haste para verificar a sua umidade. A constatação do estado saturado superfície seca seguiu a norma NBR NM 30 (ABNT, 2000).

$$A = \left( \frac{m_s - m}{m} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

Onde:

A: absorção de água em porcentagem;

$m_s$ : massa do material seco após a saturação da água;

$m$ : massa do material seco em estufa antes da saturação.

Após a execução do ensaio de absorção de água foi possível fazer a determinação da massa específica agregado seco e da densidade das amostras. Para isso foi utilizado 500 g de amostra e um picnômetro de acordo com a NBR NM 52 (ABNT, 2002). A massa específica foi determinada através da equação indicada abaixo:

$$d_1 = \frac{m}{\left( V - \left( \frac{m_2 - m_1}{\rho_{H_2O}} \right) \right)} \quad (2)$$

Onde:

$d_1$ : massa específica aparente do agregado seco (g/cm<sup>3</sup>);

$m$ : massa da amostra seca em estufa;

$v$ : volume do frasco;

$m_1$ : massa do conjunto frasco + agregado;

$m_2$ : massa total (frasco + agregado + água) e;

$\rho_{H_2O}$ : massa específica da água.

A massa específica do agregado foi calculada conforme equação:

$$d_3 = \frac{m}{(V - V_a) - \left( \frac{m_s - m}{\rho_{H_2O}} \right)} \quad (3)$$

Onde:

Va: volume de água adicionado ao frasco;

ms: massa da amostra na condição saturada superfície seca.

O ensaio de determinação de massa específica de agregados miúdos foi aplicado por meio do frasco Chapman. Esse método consiste em adicionar água no frasco Chapman até o limite de 200 cm<sup>3</sup>. Logo após adicionar cuidadosamente o agregado miúdo seco na quantidade de 500 gramas e mexer levemente o frasco a fim de eliminar as bolhas de ar, que podem influenciar no resultado do ensaio, esperar o material repousar por 15 min e verificar onde o volume água/agregado marcou no frasco. Com essa informação, lançaram-se os dados na fórmula descrita na NBR 9776 (ABNT, 1987).

$$\gamma = \frac{500}{L - 200} \quad (4)$$

Onde:

γ: massa específica expressa em g/cm<sup>3</sup>;

L: leitura do frasco Chapman em cm<sup>3</sup>.

No ensaio de determinação do material fino, que passa através da peneira 75 μm por lavagem. Uma amostra seca em estufa, a temperatura constante de 105°C e com 500 gramas de massa, foi colocada em um recipiente e coberto de água. A amostra foi agitada para separar as partículas mais finas de 75 μm das mais grossas. A água excedente com as partículas mais finas foi lançada sobre as respectivas peneiras e lavada novamente. Esse processo foi repetido várias vezes até atingir uma água que passa mais clara. Após essa etapa, o material retido nas peneiras foi levado à estufa para a secagem e determinado a sua massa final seca. Com esses dados, aplicou-se a fórmula descrita na NBR NM 46 (ABNT, 2003).

$$m = \frac{m_i - m_f}{m_i} \cdot 100 \quad (5)$$

Onde:

m: porcentagem de material mais fino que passa pela peneira 75 μm;

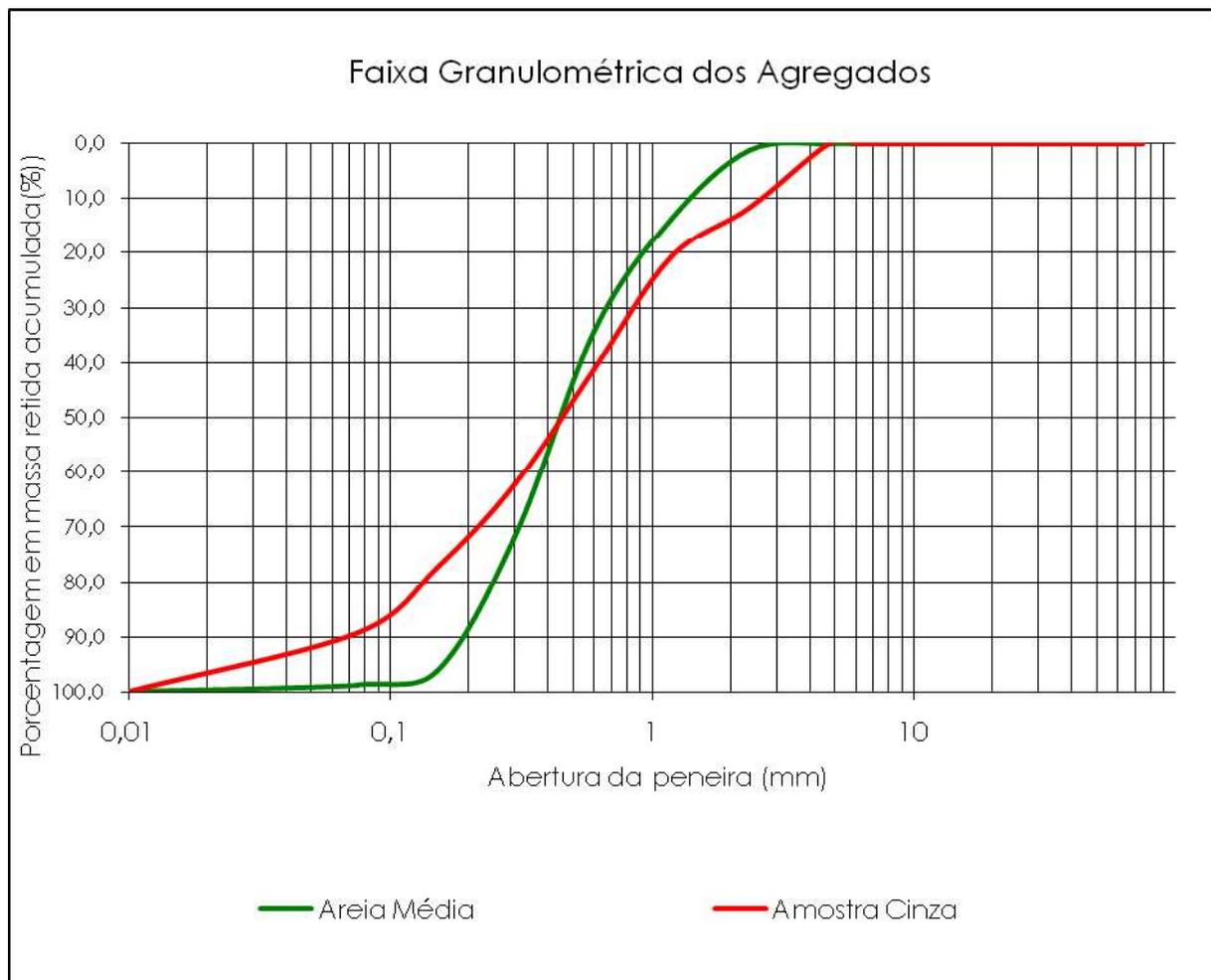
mi: massa original da amostra seca;

mf: massa seca após a lavagem.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As curvas granulométricas da areia natural média e da cinza de resíduos sólidos estão representadas na Figura 1.

Figura 1 - Curva granulométrica da areia média e da cinza de resíduos sólidos



Fonte: Autores, 2018

Observa-se na figura que a areia natural apresenta uma granulometria uniforme classificada como uma areia média, dentro dos limites permitidos pela norma. A curva granulométrica da cinza começa dentro dos parâmetros permitidos e a partir do diâmetro 0,02 a curva passa do limite permitido. O que mostra uma quantidade superior de material fino, necessitando uma análise sobre o que fazer para a correção dessa granulometria.

Entretanto, a distribuição granulométrica variável da cinza, própria de um sistema de obtenção sem qualquer classificação, aponta para a necessidade de moagem para elevar a reatividade pelo aumento da superfície específica das partículas, e conferir maior homogeneidade ao material (CORDEIRO, 2006).

A Tabela 1 apresenta os índices físicos tanto da areia como da cinza.

Tabela 1 – Índices físicos da areia média e da cinza

| <b>Índices Físicos</b>   | <b>Areia Média</b> | <b>Cinza</b> |
|--|--------------------|--------------|
| Absorção de água (%)   | 6,48               | 7,77         |
| Massa específica aparente do agregado seco - d1 (g/cm <sup>3</sup> ) | 2,74               | 2,00         |

|   |       |       |
|---|-------|-------|
| Massa específica do agregado saturado superfície seca – d2 (g/cm <sup>3</sup> ) | 2,72  | 2,02  |
| Massa específica do agregado – d3 (g/cm <sup>3</sup> )                          | 2,76  | 2,04  |
| Massa específica (frasco Chapman) (g/cm <sup>3</sup> )                          | 2.433 | 2.016 |
| Modulo de finura – MF   | 2.18  | 2.14  |
| Material passante pela peneira 0,075mm (%)                                      | 2.4   | 15.14 |

Fonte: Autores, 2018

A areia média apresenta índices de massas específicas mais elevados que a cinza. Levando em consideração a baixa densidade da cinza reconhece-se sua grande contribuição para deixar o concreto mais leve.

A absorção de água pelos grãos é maior na cinza derivado da quantidade de finos resultando em uma possível alteração da relação água e cimento.

Na análise da tabela, conclui-se que o teor de material pulverulento na cinza é maior que o permitido por norma NBR 7211 (ABNT, 1983), que é de até 3,0% em concreto submetido a desgaste superficial e 5,0% nos demais concretos, já areia média está dentro dos parâmetros da norma.

Esse material fino da cinza pode compor o traço do cimento, podendo complementar os finos juntamente com o cimento e corrigir a curva granulométrica da cinza. Juric et al (2006) afirmam que a aplicação de 15% de cinza na substituição do cimento torna-se viável para utilização em concreto não estrutural.

#### 4 CONCLUSÕES

Verifica-se que a cinza proveniente de tratamento térmico de resíduos sólidos urbano pode ser utilizada para fabricação de peças não estruturais. Conforme verificado no ensaio de material passante pela peneira - MPPP 0,075mm (%), a cinza possui uma alta porcentagem de materiais finos, necessitando de uma correção de sua granulometria para sua utilização. Por apresentar massa específica menor em comparação a da areia poderia apresentar um concreto relativamente mais leve, tornando-se interessante quando se necessita diminuir o peso para determinadas obras. Outra possibilidade de utilização da cinza seria na composição do cimento, substituindo o cimento por porcentagens de cinza.

Conclui-se que a cinza de resíduos sólidos urbano pode ser utilizada para fabricação de peças não estruturais e na composição do cimento, apresentando características que atendem as necessidades para esses fins.

#### REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2016**. São Paulo: ABRELPE 2016

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 30:** Agregado miúdo – Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 52:** Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2002.

\_\_\_\_\_. **NBR 9776:** Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro, 1987.

\_\_\_\_\_. **NBR 7211:** Agregado para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 46:** Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003.

BASU, P. **Biomass Gasification and Pyrolysis: practical design and theory.** USA, Elsevier, 2010.

CORDEIRO, G. C. **Utilização de cinzas ultrafinas do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de arroz como aditivos minerais em Concreto.** Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2006.

DOVETAIL PARTNERS, I. **Plasma gasification: An examination of health, safety, and environmental records of established facilities.** City of Palisade, EUA: DOVETAIL PARTNERS. INC 2010.

ITÔ, L. C. M. **Geração de Energia Elétrica a partir de Resíduos Sólidos Urbanos.** São Carlos, 2014. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

Juric, B.; Hanzic, L.; Ilic, R.; Samec, N. **Utilization of municipal solid waste bottom ash and recycled aggregate in concrete.** Waste Management 26, n.º12, 2006, p.1436-1442.

LORA, E. et al. **Gaseificação e Pirólise para a conversão da Biomassa em Eletricidade e Biocombustíveis.** Biocombustíveis. 2012.

LOPES, E. J. **Desenvolvimento de Sistema de Gaseificação Via Análise de Emissões Atmosféricas.** Curitiba, 2014. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

PEREIRA, A. L. C. **Transformação dos Resíduos resultantes da reciclagem de pneus automobilísticos em gesso.** Lavras, 2016. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

RECESA. **Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental,** Belo Horizonte, 2008.

SHINOTSUKA, L. Y. NAKAGAWA, M. I. **Avaliação do Ciclo de Vida da Incineração de um Resíduo Sólido Urbano.** São Paulo, 2014. Trabalho de Conclusão de Curso - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

SILVA, R. V. ET AL. **Use of municipal solid waste incineration bottom ashes in alkali-activated materials, ceramics and granular applications: A review**, *Waste Management*. v. 68, p. 207-220, 2017.