

## ANÁLISE DE ELEMENTOS POZOLÂNICOS PARA MATRIZES CIMENTÍCIAS

*M. S. F. Dias, L. G. Pedroti, C. M. F. Vieira*

Laboratório de Materiais Avançados – LAMAV

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

Av. Alberto Lamego 2000, Horto, Campos dos Goytacazes – RJ CEP: 28013-600

mateusfurriel@hotmail.com

*Muitas indústrias cerâmicas são responsáveis por gerar um número bastante elevado de resíduos com diferenciadas características. Um dos resíduos gerados nessas indústrias é a cinza de lenhas que podem causar poluição e degradação ambiental, se destinada inadequadamente, devido à suas características químicas. Desse modo, é viável a utilização de resíduos cerâmicos para incorporação em concreto como material pozolânico. Essa incorporação de resíduos de várias utilidades industriais em produtos cimentícios é uma alternativa tecnológica para reduzir tanto o custo quanto o impacto ambiental causado pela liberação indiscriminada desses resíduos. Este trabalho visa a caracterização de resíduos da indústria cerâmica (cinza de lenha, serra e tijolo) para produção de Concreto de Alto Desempenho – CAD, avaliando o grau de pozolanicidade e as características físicas e químicas em diferentes granulometrias.*

*Palavras-chave: pozolana, concreto, resíduos, CAD - concreto de alto desempenho.*

## 1 – INTRODUÇÃO

A construção civil vem sofrendo uma grande evolução e acompanhado disso surgem desafios para atender novas necessidades. Com essa evolução, novos materiais aparecem como alternativas para minimizar impactos. Nas construções, o concreto convencional atende a requisitos satisfatórios, porém o crescimento das cidades alimentam conceitos para a utilização de novos materiais, surge a partir daí o Concreto de Alto Desempenho - CAD, que possuem resistência muito mais elevada em relação aos outros mais regularmente utilizados. Muitas indústrias cerâmicas são responsáveis por gerar um número bastante elevado de resíduos com diferenciadas características. Um dos resíduos gerados nessas indústrias é a cinza de lenhas que podem causar poluição e degradação ambiental, se destinada inadequadamente, devido à suas características químicas. As cinzas constituem um tipo de resíduo, contendo inclusive metais, que pode causar poluição do ar e ser responsável por graves problemas respiratórios na população atingida. Uma alternativa tecnológica para reduzir o impacto ambiental causado pela liberação indiscriminada de resíduos, particularmente as cinzas, seria a sua incorporação em concreto como material pozolânico. Durante a fase de queima do processo de produção de cerâmica, a eliminação de metais potencialmente tóxicos pode ser promovida por volatilização, mudanças químicas e estabilização na fase vítrea, formada pela participação de aluminossilicatos e fundentes. Essa incorporação de resíduos de várias utilidades industriais em produtos cimentícios é uma alternativa tecnológica para reduzir tanto o custo quanto o impacto ambiental causado pela liberação indiscriminada desses resíduos. Este trabalho visa a caracterização de resíduos da indústria cerâmica (cinza de lenha, serra e tijolo) para produção de Concreto de Alto Desempenho – CAD, avaliando o grau de pozolanicidade e as características físicas e químicas em diferentes granulometrias.

### Pozolanas

Pozolana é um material natural ou artificial que contém sílica em forma reativa. Numa definição mais formal segundo a NBR 12653/1992, a exemplo da definição dada pela American Society for Testing and Materials (ASTM), em sua

norma C 125-03, pozolanas são materiais silicosos ou silicoaluminosos que, por si sós, possuem pouca ou nenhuma atividade aglomerante, mas que, quando finamente divididos e na presença da água, reagem com o hidróxido de cálcio à temperatura ambiente para formar compostos com propriedades aglomerantes (PEDROTI, 2012).

### **Características do Concreto de Alto Desempenho - CAD**

O CAD é um concreto de avançada tecnologia e com suas características de alta resistência mecânica, alta trabalhabilidade e baixa permeabilidade, que faz com que seu uso seja especificado visando uma longa durabilidade. Reduz o peso próprio das estruturas, reduz a taxa de armadura, reduz a área de fôrmas e reduz os custos de uma estrutura. É utilizado por arquitetos e engenheiros que buscam avançar no conceito de sustentabilidade da construção civil, priorizar o aumento significativo da área útil das edificações, reduzir o consumo de materiais como o aço, aumentar a durabilidade, reduzir o consumo de energia e atingir alta performance. A Tabela 1 mostra a classificação do concreto de alto desempenho de acordo com a sua resistência à compressão.

**Tabela 1.** Classes diferentes de Concreto de Alto Desempenho

Classe do Concreto	Resistência à Compressão (MPa)
Classe I	50 - 75 MPa
Classe II	75 - 100 MPa
Classe III	100 - 125 MPa
Classe IV	125 - 150 MPa
Classe V	Maior que 150 MPa

O uso de concretos de alto desempenho vem se destacando entre as construções de grande porte e responsabilidade, apresentando características diferenciadas em virtude de uma microestrutura densa e de baixa porosidade, fruto da combinação do uso de aditivos superplastificantes e adições minerais, resultando em baixa relação água/aglomerante, elevada resistência e baixa permeabilidade (PEDROTI, 2012).

No Brasil, a constante mudança nos processos construtivos, busca por melhoria contínua e a necessidade de agregar valor aos grandes empreendimentos vêm aumentando a procura de novas tecnologias por parte das construtoras, fazendo com que as empresas fornecedoras de concreto se adequem à necessidade do mercado atual. Sabendo que para a produção de CAD existe a necessidade de um rigoroso controle de qualidade na seleção de materiais, dosagem, transporte, lançamento, adensamento e cura, há então a necessidade de um método específico para dosagem de concretos de alto desempenho viável para a utilização em centrais dosadoras de concreto, utilizando materiais disponíveis na região, fazendo a mistura em caminhões betoneiras e lançamento através de guias e caminhões bomba sem abrir mão dos quesitos de resistência, durabilidade e viabilidade econômica.

## **2 - MATERIAIS E MÉTODOS**

Os materiais utilizados foram as cinzas de lenha, cinzas de serra e cinzas de tijolo coletadas em uma cerâmica localizada no município de Campos dos Goytacazes – RJ, como demonstrado na Figura 01-a. Esses resíduos cerâmicos tem a finalidade de incorporar no concreto como material pozolânico cujos desempenhos foram avaliados em ensaios de condutividade elétrica e difração de raios X, em diferentes granulometrias. Inicialmente as cinzas foram colocadas em uma estufa por aproximadamente 3 dias para retirar a umidade. Após a secagem, o material passou por peneiras de diferentes tamanhos (#100, #230, #250, #400), como apresentado na Figura 01-b, e com isso obter as cinzas com granulométricas diferentes. Logo após esse processo, o material foi novamente colocado na estufa para a retirada da umidade e por último foram feitos os ensaios de pozolanicidade. A Figura 02 demonstra as diferentes amostras dos diferentes resíduos.



**Figura 01.** Coleta das cinzas na cerâmica e processo de peneiramento.

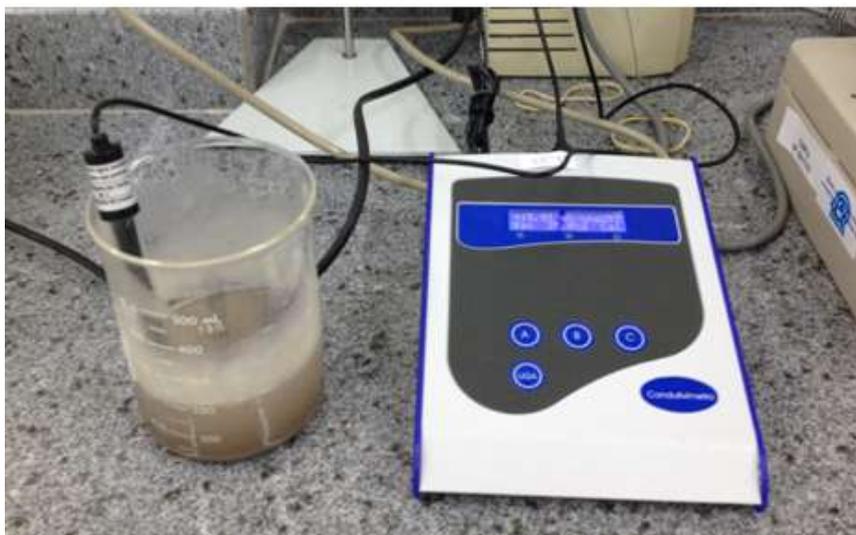


**Figura 02.** Material separado para fazer os ensaios de pozolanicidade.

### **Ensaio de condutividade elétrica**

A pozolanicidade das cinzas também foi avaliada pelo método descrito por Luxan *et al.* (1989). O método consiste em medir a variação de condutividade de uma solução saturada de  $\text{Ca(OH)}_2$  com e sem adição do material a ser avaliado. A solução saturada foi preparada adicionando-se 2 g de hidróxido de cálcio puro a 200 ml de água destilada em agitação e pré-aquecida a 40 °C. Após a dissolução

completa do  $\text{Ca(OH)}_2$  e a estabilização da temperatura, foi introduzido um sensor de condutividade e realizada a medição da condutividade. Em seguida, foram adicionadas 5 g da cinza a ser analisada. Transcorridos dois minutos da adição, foi realizada nova medida de condutividade. O índice de atividade pozolânica foi então calculado subtraindo-se as condutividades medidas antes e após a pozolana ser adicionada à solução. A Figura 03 apresenta o ensaio em andamento.



**Figura 03.** Condutímetro medindo condutividade

### **Ensaio de difração de raios x**

O material foi submetido à análise qualitativa por difratometria de raios X. O método de análise adotado se baseia na comparação dos valores das distâncias interplanares e das intensidades dos picos nos difratogramas das amostras analisadas. Este ensaio tem por objetivo identificar a composição química da amostra.

## **3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **Ensaio de condutividade elétrica**

Os valores obtidos no ensaio de condutividade elétrica baseado no método descrito por Luxan *et al.* (1989) são apresentados na Tabela 2. Segundo o método, a variação de condutividade (valor inicial – valor final) permite classificar a

pozolanicidade do material analisado: se o material for uma pozolana, espera-se que a condutividade da solução com cinzas seja menor que a solução inicial, devido à menor quantidade de íons  $\text{Ca}^{+2}$  e  $(\text{OH})^-$  na solução com resíduo. Dessa forma o material é classificado em:

- materiais sem atividade pozolânica:  $< 0,4 \text{ mS/cm}$ ;
- materiais de atividade pozolânica moderada:  $< 1,2 \text{ mS/cm}$ ;
- materiais de boa atividade pozolânica:  $> 1,2 \text{ mS/cm}$ .

**Tabela 2.** Condutividade elétrica pelo método proposto por Luxan *et al.* (1989).

Cinza	Peneira	Condutividade Inicial (mS/cm)	Condutividade final (mS/cm)	Varição de condutividade (inicial – final)
SERRA	NATURAL	11,42	15,40	-3,98
SERRA	#100	11,42	14,86	-3,44
SERRA	#230	11,11	15,08	-3,97
SERRA	#325	11,20	14,61	-3,41
SERRA	#400	11,07	15,51	-4,44
TIJOLO	NATURAL	11,04	10,54	0,5
TIJOLO	#100	11,25	10,50	0,75
TIJOLO	#230	11,43	10,39	1,04
TIJOLO	#325	10,36	9,61	0,75
TIJOLO	#400	10,49	9,65	0,84
LENHA	NATURAL	10,25	15,87	-5,62
LENHA	#100	10,39	15,59	-5,2
LENHA	#230	10,13	16,07	-5,94
LENHA	#325	10,27	16,07	-5,8
LENHA	#400	10,35	16,23	-5,88

Os dados da tabela mostram que as cinzas da lenha e da serra apresentam condutividade menor que  $0,4 \text{ mS/cm}$ , sendo classificadas então como materiais sem atividade pozolânica. As cinzas de tijolo demonstraram valores de condutividade entre  $0,4 \text{ mS/cm}$  e  $1,2 \text{ mS/cm}$ , sendo então consideradas como materiais de atividade pozolânica moderada.

### Ensaio de difração de raios x

A seguir são apresentadas nas Tabelas 3, 4 e 5 as composições químicas de cada material utilizado.

**Tabela 3.** Composição química da cinza da serra

Elementos	%	Elementos	%
CaO	74.395	TiO2	0.5
K2O	10.194	SrO	0.309
SiO2	9.455	CuO	0.057
Fe2O3	2.416	ZnO	0.056
MnO	1.544	Rb2O	0.028
SO3	1.03	ZrO2	0.015

**Tabela 4.** Composição química da cinza do tijolo

Elementos	%	Elementos	%
SiO2	47.705	SO3	0.342
Al2O3	37.441	MnO	0.067
Fe2O3	10.125	V2O5	0.049
K2O	2.201	CuO	0.021
TiO2	1.573	ZrO2	0.019
CaO	0.456		

**Tabela 5.** Composição química da cinza da lenha

Elementos	%	Elementos	%
CaO	64.686	TiO2	0.322
K2O	15.239	SrO	0.253
SiO2	11.28	Rb2O	0.05
Al2O3	3.731	CuO	0.04
Fe2O3	1.879	ZnO	0.028
MnO	1.309	ZrO2	0.014
SO3	1.165	Y2O3	0.005

Observando os valores obtidos na tabela 2, a composição química da cinza de serra é caracterizada basicamente por alta quantidade de CaO e com quantidades significativas de K2O e SiO2. Já em relação a Tabela 3, a composição química da cinza do tijolo é caracterizada por uma quantidade elevada de SiO2 e

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e uma quantidade significativa de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. E de acordo com a Tabela 4, a composição química da cinza de lenha apresenta uma elevada quantidade de CaO e quantidade significativa de K<sub>2</sub>O e SiO<sub>2</sub>.

#### **4 - CONCLUSÕES**

Durante os estudos realizados, buscou-se avaliar o grau de pozolanicidade e as características físicas e químicas de novos produtos para ser usado como alternativa em edificações na construção civil.

O ensaio de condutividade elétrica, proposto por Luxan *et al.* (1989), classificou as cinzas de lenha e de serra como materiais sem atividade pozolânica. As cinzas de tijolo foram consideradas como materiais de atividade pozolânica moderada.

#### **5 - AGRADECIMENTOS**

À UENF juntamente com os Laboratórios de Materiais Avançados e de Engenharia Civil.

#### **6 – REFERÊNCIAS**

- POGGIALI, F. S. J. (2010). Desempenho de microconcretos fabricados com cimento portland com adições de cinza de bagaço de cana-de-açúcar. Programa de pós-graduação em construção civil - Belo Horizonte-MG. Universidade Federal de Minas Gerais.
- PEDROTI, L. G. (2012). Avaliação de Concretos de Alto Desempenho-CAD com utilização de resíduos pozolânicos. Campos dos Goytacazes-RJ. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF.
- BORLINI, M. C. (2005). Cinza de lenha para aplicação em cerâmica vermelha. Campos dos Goytacazes-RJ. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF.

- LUXAN, M. P.; MADRUGA, F.; SAAVEDRA, J. Rapide evaluation of pozzolanic activity of natural products by conductivity measurement. Cement and Concrete Research 19, p. 63 – 68, Pergamon, 1989.

## **ANALYSIS OF POZZOLANIC ELEMENTS FOR CIMENTITIOUS MATRIX**

### **Abstract**

Many ceramic factories are responsible for creating a large quantity of waste with differentiated characteristics. One type of waste created at these industries is wood ashes that can cause pollution and environmental degradation due to their chemical characteristics, if inadequately routed. Thus the use of ceramic waste for incorporation in concrete is viable, for instance the pozzolanic material. This incorporation of waste for several industrial utilities in cementitious products is a technological alternative to reduce both cost and environmental impact caused by indiscriminate disposal of waste. This project aims to characterize the waste of ceramic industry (wood ash, saw and brick) to produce High Performance Concrete, evaluating the pozzolanic grade, the physical and chemical characteristics in different granulometries.

Key-words: pozzolanic, concret, waste, high performance concret.