

ESTUDO DA RECICLAGEM DE CINZA VOLANTE E BIOMASSA PARA OBTENÇÃO DE AGREGADO SINTÉTICO POR MEIO DE SINTERIZAÇÃO

T. F. V de PINHO¹, L. F. S. PEREIRA¹, D. S. QUARESMA¹, A. S. S. NEVES¹ e J. A. S. SOUZA¹.

¹ Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Química
E-mail para contato: thaianapinho@gmail.com

RESUMO – A crescente preocupação com o meio ambiente, em todas as esferas do cotidiano, tem favorecido o aprimoramento de técnicas usuais. Um exemplo disso é o uso de agregados sintéticos na construção civil. O presente estudo analisa a produção de agregado sintético através da reciclagem de cinza volante e biomassa (carvão vegetal) por meio de sinterização. Confeccionaram-se pelotas com uma mistura de argila, cinza volante (resíduo) e carvão vegetal. O leito foi preenchido com 20% de pelotas e 80% de carvão. A caracterização do produto foi feita utilizando Difração de raios-X e Microscopia Eletrônica de Varredura, constatando-se a presença de mulita. Medindo-se as propriedades cerâmicas do agregado produzido, obteve-se a massa específica aparente de 1,06 g/cm³, classificando o material como agregado leve, segundo a ABNT 12655:2015; quanto à porosidade do agregado atingiu-se 7,26% e a absorção de água um percentual de 6,81%. Dessa forma, o processo em questão consegue reduzir os danos ambientais à medida que se substitui agregados naturais pelo material obtido.

1. INTRODUÇÃO

O uso de materiais alternativos na indústria da construção civil, principalmente os provenientes de resíduos industriais, tem sido cada vez mais frequente. Existem pelo menos duas razões básicas que induzem a essa realidade: a primeira deve-se ao grande volume de materiais que a construção civil demanda, e a segunda é devido à vinculação do tema, à valorização e ao uso de resíduos industriais no setor da construção civil e na área de proteção ambiental (MARGON, 2002). É neste cenário que a produção de agregado sintético a partir de resíduos industriais torna-se viável.

Agregado sintético é aquele proveniente da transformação de solo, folhelho argiloso, resíduo silico-aluminoso ou argila, previamente processado, em um material inerte e com resistência mecânica satisfatória para uma determinada finalidade. Essas características são normalmente obtidas através da queima deste material em temperaturas elevadas, com temperaturas superiores a 1100°C. A qualidade do produto acabado depende fundamentalmente da matéria-prima utilizada, da temperatura de queima e do processo de conformação da massa cerâmica (CABRAL, 2008).

A queima do carvão mineral em caldeiras de uma central termoelétrica gera vapor e produz resíduos durante o processo da combustão do carvão, conhecidas como cinzas. A reutilização de cinzas na formulação de argamassas e concretos é uma alternativa interessante, visto que este material possui atividade pozolânica (SIQUEIRA, 2012).

No processo de sinterização é feito uma mistura da matéria prima com uma quantidade definida de combustível, podendo ser carvão finamente moído ou coque. Posteriormente esse material é exposto a temperaturas elevadas, que tem como consequência a expansão devido à formação de gases (GOMES, 1998).

O uso energético da biomassa (fonte renovável) vem sendo valorizado como forma alternativa ao uso de combustíveis fósseis. A biomassa utilizada neste trabalho é o carvão vegetal, proveniente da queima parcial da madeira ou de outra biomassa vegetal.

Tendo em vista isso, este trabalho tem por objetivo o estudo da reciclagem de cinza de carvão mineral (cinza volante) e biomassa para produção de agregado sintético por meio de sinterização, aplicando-a em uma mistura de argila e carvão vegetal – biomassa que será o combustível sólido da sinterização.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A cinza volante de carvão mineral foi cedida pela HYDROALUNORTE (Alumina do Norte do Brasil S/A) e corresponde ao rejeito industrial a ser aproveitado no processo, atuando como fundente e ocasionando a diminuição da temperatura no processo de sinterização. A cinza, como apresenta partículas finamente divididas, não necessitou de tratamento prévio e foi utilizada de forma direta nos experimentos.

A argila retirada das margens do rio Guamá foi previamente seca a 105°C em estufa com recirculação de ar durante 24 horas e posteriormente desagregada em moinho de bolas por 30 minutos.

O carvão vegetal, obtido comercialmente, foi submetido ao mesmo pré-tratamento realizado com a argila e foi, posteriormente, empregada como combustível sólido no processo de sinterização.

O processo de sinterização foi realizado com uma mistura de 20% do volume do reator de pelotas (constituída a partir das matérias-primas) e 80% de carvão vegetal em todos os experimentos. A velocidade de sucção de ar utilizada no experimento de 0,97m.s⁻¹.

O preparo das pelotas foi realizado a partir de uma mistura de 40% de cinza, 30% de argila e 30% de carvão em peso, a qual foi adicionada ao moinho de bolas para promover a homogeneização durante 60 minutos, posteriormente a mesma foi colocada em um tambor rotativo onde as pelotas eram formadas com adição de 40% de água em peso, apresentando tamanhos variados.

Após essa etapa, as pelotas foram colocadas em estufa à temperatura de 105°C durante 24 horas para secagem, seguida de classificação para uma granulometria inferior a 6,35 mm e maior ou igual a 4 mm. Em seguida fez-se uma caracterização quanto a sua distribuição granulométrica e densidade aparente.

Para a preparação do carvão que preencheu 80% do volume do reator, realizou-se um processo de secagem durante 24 horas a 105°C, britagem e moagem em moinho de discos. Ato contínuo ao processo, o material foi classificado para uma granulometria inferior a 3,36mm e maior ou igual a 1,70mm e após essa etapa fez-se a análise granulométrica e a determinação da densidade aparente do material. Após essa etapa os materiais foram homogeneizados manualmente. Preparada a mistura, a mesma foi submetida a secagem por 24 horas a 105°C em estufa com recirculação de ar e em seguida sinterizada em um reator vertical.

Para o início do experimento, um maçarico acoplado a um botijão de gás GLP, executa a queima do gás e proporciona uma chama regulável, o qual é utilizado na parte superior do reator para dar ignição à combustão, definida para uma temperatura de 700°C. Um ventilador é adaptado através de um tubo de aço carbono conectado a parte inferior do reator para succionar o ar, que contém o comburente da reação, promovendo assim o avanço da frente de combustão dentro do reator. A análise do avanço da frente de combustão e das temperaturas no interior do leito é feito através da medição de temperaturas utilizando-se termopares dispostos verticalmente no reator. A aquisição dos dados de temperatura foi registrada no *Paperless Recorder*, tipo PHL a cada 5 segundos. Após processo de sinterização obteve-se o agregado sintético apresentando tamanhos variados, conforme pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Agregados sintéticos produzidos.

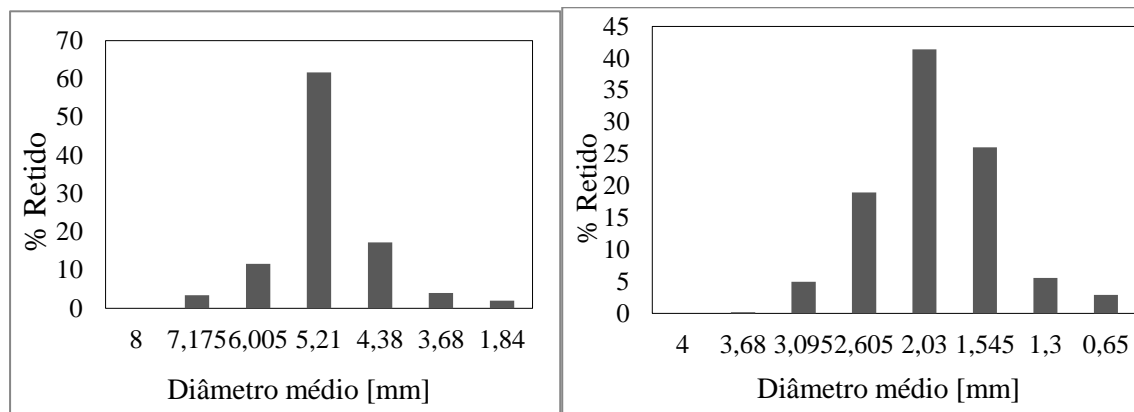


Realizaram-se ensaios para a determinação das propriedades cerâmicas do material como: Porosidade Aparente (PA), Absorção de Água (AA) e Massa Específica Aparente (MEA), através do método citado por SANTOS (1989). Além dessas análises no agregado produzido fez-se difração de raios-X para identificação das fases mineralógicas e Microscopia Eletrônica de Varredura para análise dos elementos microestruturais.

3.RESULTADOS E DISCUSSÕES

A distribuição granulométrica das pelotas e do carvão vegetal classificados para a realização do experimento está apresentada na Figura 2, onde apresentaram diâmetro médio no valor de 6,85 mm para as pelotas e 2,17 mm para o carvão vegetal.

Figura 2 - Distribuição granulométrica das pelotas (a) e do carvão vegetal (b).

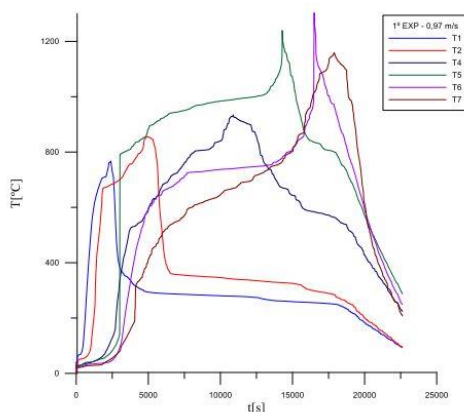


(a)

(b)

A Figura 3 consta essa evolução para o experimento. As evoluções da temperatura para cada termopar representada na Figura 3 possuem aspectos semelhantes, em que a temperatura em cada termopar atingiu um valor máximo seguido de uma redução gradual, caracterizando o avanço da frente de combustão. O valor máximo de temperatura registrado foi de 1.324,1°C

Figura 3 – Evolução da temperatura do experimento.



Os resultados obtidos com a medida das propriedades cerâmicas do agregado sintético para os experimentos constituem a Tabela 1.

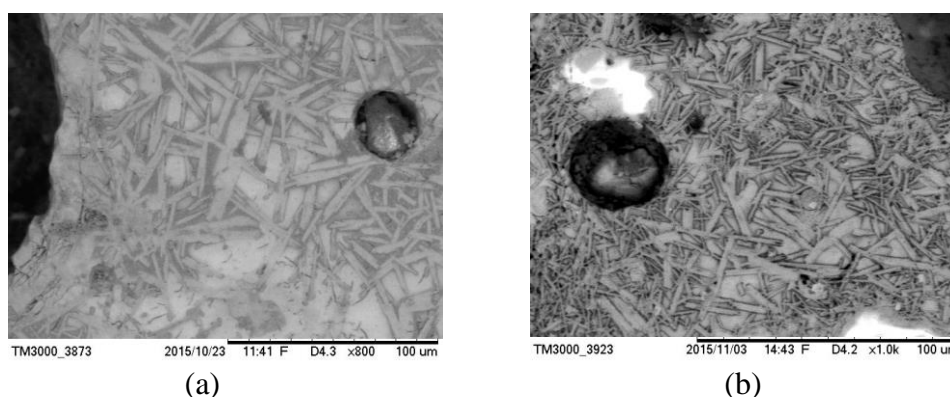
Tabela 1 – Medida das propriedades cerâmicas do material produzido

Propriedades	Experimento
PA (%)	7,26
AA (%)	6,81
MEA [g.cm ⁻³]	1,06

Agregado classificado como leve, apresenta um valor de MEA inferior a $2,0 \text{ g/cm}^3$, segundo a ABNT NBR 9935:2011, o qual pode ser evidenciado nos resultados expostos na Tabela 1.

Os resultados obtidos evidenciam que com o aumento da porosidade aparente tem-se um aumento gradativo da absorção de água e consequente diminuição da massa específica aparente, fato que pode ser explicado quando se refere a produção de agregado leve por meio de sinterização, mostrando que estes apresentam elevada capacidade de absorção de água, poros abertos, além de não possuir recobrimento. A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) para uma amostra do agregado produzido no está representada na Figura 4.

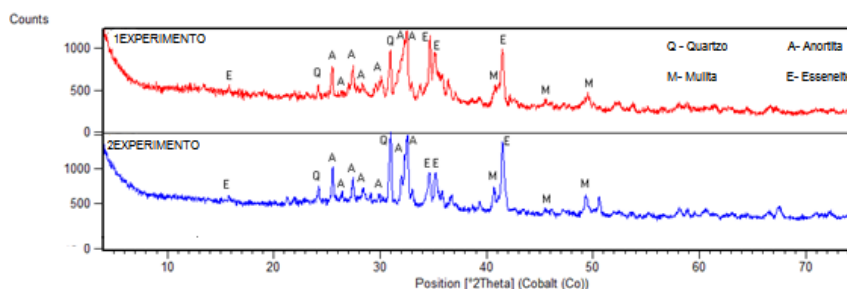
Figura 4 – Micrografia do agregado produzido no experimento.



Pode ser observado na Figura 4 que ocorreu a formação de mulita primária e secundária de morfologia acicular. Esta formação é vinculada as reações de estado sólido que são funções da temperatura, acima de 1000°C , e da composição da mistura, a qual é formada majoritariamente por sílico-aluminatos.

A Figura 5 apresenta os difratogramas realizados nos agregados sintéticos no experimento. Os resultados mostram a presença de quartzo (SiO_2), mulita ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) e esseneite ($\text{CaFe}^{3+}\text{AlSiO}_6$). A formação de quartzo é justificada pela presença de sílica em temperaturas acima de 500°C segundo o diagrama de fases. A fase mulita está relacionada a presença de sílico-aluminatos em temperaturas acima de 1000°C . A constatação das fases anortita e esseneite está vinculada também a presença de sílico aluminatos, além de cálcio e ferro disponível em temperaturas favoráveis, superior a 1000°C .

Figura 5- Difratogramas referente aos agregados produzidos no Experimento.



4. CONCLUSÃO

Materiais ricos em sílica e alumina como cinza volante e argila, sinterizados a partir de 1000°C reagem formando mulita, composto estável, responsável pela característica de resistência ao material. Quando comparados os dois experimentos, constata-se que a variação de velocidade entre estes não interferiu qualitativamente na formação de mulita comprovada nas análises de microscopia eletrônica de varredura e difração de raios-X.

Em conjunto com os dados obtidos para massa específica aparente, os quais classificaram os agregados produzidos como leve, os valores elevados de porosidade e absorção aparente, formam resultados característicos do processo de sinterização de agregado leve.

A granulometria definida tanto das pelotas quanto do carvão vegetal permitiu que o leito do reator fosse suficientemente poroso para permitir o fluxo do ar e a propagação da frente de combustão, e assim garantir a sinterização das pelotas, durante as reações de combustão do carvão vegetal.

Desta forma a contribuição desse trabalho é com relação à capacidade que o material produzido tem em substituir agregados naturais, com controle de MEA e resistência mecânica, melhorando a qualidade do concreto e contribuindo para a preservação ambiental.

5. REFERÊNCIAS

- CABRAL, E. M., SÁ, R. J., VIEIRA, R. K., VASCONCELOS, R. P. Utilização de massas cerâmicas na produção de agregado sintético de argila calcinada para uso em concreto. *Cerâmica*, v. 54, pp 404-410. 2008.
- GOMES NETO, D. P. Dosagem de microconcretos leves de alto desempenho para produção de pré-fabricados de pequena espessura: estudo de caso. 1998. *Dissertação (Mestrado)* - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.
- MARGON, P. V. Influência do uso das cinzas de carvão mineral de termelétricas em argamassas de revestimento: dosagem por curvas granulométricas. 2002, 4p. *Dissertação (Mestrado)* - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- MARTINS, M.F.; Structure d'un front de combustion propagé en co-courant dans un lit fixe de schiste bitumineux broyé, *Doctorat de L'Université de Toulouse* – L'Institut National Polytechnique de Toulouse – França; 2008.
- SIQUEIRA, J. S. SOUZA, C. A. G., SOUZA, J. A. S. Reaproveitamento de cinzas de carvão mineral na formulação de argamassas. *Cerâmica*, v.58, pp 275-279. 2012.