

PRODUÇÃO DE ECOCIMENTOS A PARTIR DE LODO DE ETE E RESÍDUOS DO CORTE DE MÁRMORE

José Cícero Araujo dos Santos¹; Arnaldo Manoel Carneiro Pereira²

¹Estudante do Curso de Engenharia Civil – CTG – UFPE; E-mail: joseciceroaraujo@bol.com.br,

²Docente/pesquisador do Depto de Engenharia Civil – CTG – UFPE. E-mail: ampc@ufpe.br

Sumário: Este artigo descreve os procedimentos adotados e resultados obtidos no estudo do uso de resíduos de corte de mármore e lodo de ETE, estação de tratamento de esgoto, como alternativa ao calcário e à argila na produção de aglomerantes destinados à construção civil. Tais resultados foram obtidos através da análise dos materiais através da fluorescência e difração de raios X. Essas análises foram feitas por técnicos habituados à prestação de tais serviços em laboratórios da UFPE.

Palavras-chave: construção civil, eco cimento, lodo de ETE, pozolâna.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o cimento Portland é o material mais amplamente utilizado na construção civil, sendo ele produzido com matérias primas não renováveis (Principalmente argila e calcário). É de grande importância o desenvolvimento de novas técnicas que permitam sua produção através de novos materiais, como resíduos, por exemplo, que tornem sua produção menos nociva ao meio ambiente, além de dar utilidade a dejetos que são potenciais fontes de poluição, e geram custo em sua deposição final. A utilização de resíduos na produção de materiais cimentícios já é tema de artigo de vários pesquisadores, neles é abordada principalmente a substituição parcial e em alguns a total, das matérias primas utilizadas na produção de clínquer, para isso, vários tipos de resíduos industriais são usados, como, por exemplo, resíduos de Estação de tratamento de água (ETA), cinzas volantes, resíduos do corte de mármore e lodo de Estação de tratamento de esgoto (ETE), sendo, os dois últimos, objeto de estudo desse trabalho.

MATERIAIS E MÉTODOS

O lodo de ETE (Estação de tratamento de esgoto) utilizado foi coletado na ETE Mangueira, a qual se situa na região oeste de Recife-PE e emprega o processo anaeróbico no tratamento de esgoto. A mesma foi dimensionada para uma população de 18.000 habitantes e trata cerca de 2430 m³ de esgoto por dia. Os calcários utilizados, oriundos do corte dos mármore de nome comercial, Mármore branco rajado e Bege Bahia, foram obtidos em marmorarias da região metropolitana do Recife. As figuras 2 e 3 mostram os aspectos dos calcários do mármore Bege Bahia e Banco rajado, respectivamente. Nos materiais foram feitas as análises de Difração de Raios X (DRX) no Laboratório de tecnologias minerais (LTM) do Departamento de Engenharia de Minas-UFPE e fluorescência de raios X no Núcleo para estudos geoquímicos (NEG-LABISE) do Departamento de Geologia-UFPE. Para a análise por fluorescência de raios X foram preparadas amostras em forma de pó, passante na peneira #200 ABNT. Uma porção de amostra foi secada em estufa a 100°C. Uma porção de amostra seca foi levada a uma mufla a 1000°C por duas horas para determinação de perda ao fogo. Uma porção de amostra seca foi colocada em cápsula de alumínio e prensada em prensa hidráulica com 25 toneladas de força. Na pastilha prensada foi feita análise química semi-quantitativa de elementos pesados e alguns leves. O resultado da perda ao fogo foi incorporado aos resultados das análises químicas que foram

então recalculadas para 100%. As análises químicas foram realizadas usando um espectrômetro de fluorescência de raios-X Rigaku modelo RIX 3000, equipado com tubo de Rh e 6 cristais analisadores. Na Produção do aglomerante pozolânico, o lodo foi calcinado com a umidade proveniente da ETE. Foi estabelecida uma rampa, de 0 a 45 min até chegar em 900° C, após isso, a temperatura foi mantida a 900°C por uma hora e meia. O material foi então resfriado a temperatura ambiente, e depois moído em um moinho em um almofariz até passar completamente na peneira #200 ou 0,075mm ABNT, a figura 1 mostra o material obtido. O mesmo foi então misturado à cal hidratada e água em diferentes proporções.

Figura 1 - Pozolâna de lodo húmido.



Fonte: o autor (2015)

Na produção do clínquer, o lodo de ETE foi seco a 105 °C por 24 horas e então moído, foi moído também o resíduo do corte de mármore, a moagem se deu até que o cada material passasse na peneira #200 ou 0,075mm ABNT. Os materiais foram então misturados nas proporções indicadas na tabela 1, a mistura foi assim homogeneizada e calcinada, depois disso, o clínquer foi arrefecido a temperatura ambiente e moído novamente para que este passasse na peneira #200 ou 0,075mm ABNT. Com o intuito de se analisar o comportamento do material, inicialmente foi testada a produção do clínquer a uma temperatura de 1000°C, pois assim seria possível um maior controle de temperatura pelo uso de uma mufla de pequeno porte, o que permitiu a aplicação de um choque térmico no material através da transferência dos cadinhos com o material de uma temperatura superior a 900°C à temperatura ambiente, isso foi feito tendo em vista a melhora no desempenho do clínquer e se aproxima do que é feito em indústrias de cimento Portland, a tabela 2 mostra as proporções utilizadas em cada teste.

Tabela 1. Composição das farofas para clínquer produzido a 1000°C.

<i>Ecocimento</i>	<i>% de Lodo</i>	<i>% BEGE BAHIA</i>	<i>% BRANCO RAJADO</i>
<i>EC-1</i>	60	0	40
<i>EC-2</i>	70	0	30
<i>EC-3</i>	50	50	0
<i>EC-4</i>	60	40	0
<i>EC-5</i>	70	30	0

Fonte: o autor (2015).

Na fabricação do cimento convencional, a produção do clínquer se dá a temperaturas superiores a 1230°C, a maioria das indústrias o produz em temperaturas da ordem de 1500°C, para que o tempo de cozimento seja minimizado. O bom desempenho no que se refere à velocidade de hidratação do clínquer produzido a 1000°C motivou sua produção a

uma temperatura maior, foi então produzido clínquer a 1330°C. O grande volume da mufla utilizada inviabilizou a aplicação de um choque térmico, tornando necessário o resfriamento lento do material, a tabela 2 mostra a composição das novas farofas.

Tabela 2. Composição das farofas para clínquer produzido a 1330°C.

<i>Ecocimento</i>	<i>% Lodo</i>	<i>% Bege Bahia</i>	<i>% Branco rajado</i>
<i>EC-6</i>	50	0	50
<i>EC-7</i>	60	0	40
<i>EC-8</i>	70	0	30
<i>EC-9</i>	60	40	0
<i>EC-10</i>	70	30	0

Fonte: o autor (2015).

RESULTADOS

Os resultados obtidos na fluorescência de raios X são mostrados na tabela 3.

Tabela 3 – Composição dos resíduos utilizados.

	<i>Lodo ETE</i>	<i>Bege Bahia</i>	<i>Branco rajado</i>
<i>Na₂O</i>	0,1	Nd	Nd
<i>MgO</i>	1,1	1,3	2,0
<i>Al₂O₃</i>	12,3	0,3	0,9
<i>SiO₂</i>	29,4	2,2	0,7
<i>P₂O₅</i>	6,0	Tr	Tr
<i>SO₃</i>	6,2	0,1	Tr
<i>K₂O</i>	2,2	0,1	Tr
<i>CaO</i>	9,0	58,6	64,1
<i>Fe₂O₃</i>	16,7	0,3	0,1
<i>TiO₂</i>	2,3	Nd	Nd
<i>Rb₂O</i>	0,1	Nd	Nd
<i>MnO</i>	0,1	Nd	Nd
<i>ZrO₂</i>	0,1	Nd	Tr
<i>BaO</i>	0,2	Nd	Nd
<i>PbO</i>	0,1	Nd	Nd
<i>ZnO</i>	0,8	Nd	Nd
<i>Cr₂O₃</i>	0,6	Nd	Nd
<i>NiO</i>	0,1	Tr	Nd
<i>CuO</i>	0,2	Nd	Nd
<i>SrO</i>	0,1	Tr	Tr
<i>PF</i>	12,4	37,1	32,0
<i>Total</i>	100,0	100,0	100,0

A análise de difração de raios X mostrou que o lodo de ETE calcinado a 900°C apresenta alto teor de sílica ativa, o que lhe confere caráter pozolânico, além da sílica foi formada também cal virgem. A mistura hidratada de lodo de ETE calcinado e cal hidratada gerou silicatos de cálcio hidratado, C-S-H, que são os principais componentes formados na hidratação do cimento Portland. Os eco-cimentos produzidos a partir da mistura de lodo de ETE seco e resíduo do corte dos mármores Branco Rajado e Bege Bahia, tiveram identificados em sua composição C₃A e C₄AF, além de sílica ativa (SiO₂) e cal virgem (CaO). Os ecocimentos produzidos a 1330°C, tanto com o uso do resíduo do corte do

mármore Branco Rajado quanto do Bege Bahia, apresentaram em sua composição C_2S , C_3S , C_3A e C_4AF , que são os principais compostos do cimento Portland.

DISCUSSÃO

No lodo de ETE calcinado a $900^\circ C$ a produção da cal virgem foi atribuída à presença de carbonato de cálcio no lodo de ETE, contribuindo positivamente através da diminuição da quantidade de cal hidratada a ser adicionada ao material pozzolânico para que se completem as reações de hidratação. Os melhores resultados foram obtidos na amostra com 80% de lodo calcinado e 20% de cal hidratada a qual apresentou o melhor ajuste aos silicatos de cálcio hidratado em sua difração de raios X. No clínquer produzido a $1000^\circ C$ a formação de C_3A e C_4AF se em grandes proporções afeta negativamente o produto gerado, pois torna o aglomerante sensível a reações deletérias como o ataque de sulfatos. Esse material é um produto intermediário entre a Pozzolâna e o cimento Portland, com propriedades distintas. A formação de compostos cimentícios como o C_2S e C_3S nos aglomerantes produzidos a $1330^\circ C$ já era esperada, pois os elementos e temperatura necessários estavam disponíveis para as reações de formação.

CONCLUSÕES

Foi mostrado através da difração de raios X que a produção de produtos cimentícios através de resíduos de corte de mármore e lodo de ETE, estação de tratamento de esgoto, é possível. A determinação da resistência à compressão e dos tempos de pega para tais materiais são a continuação natural desse trabalho, pois tais propriedades determinarão suas possíveis aplicações na construção civil.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo incentivo à pesquisa com implantação de bolsa para esse estudo. Ao NEGLABISE, na pessoa da professora Valderéz P. Ferreira, pela realização dos ensaios de fluorescência, ao Laboratório de Tecnologia Mineral -LTM, na pessoa do professor. Pedro Guzzo e Marcelo Khan, técnico pela realização dos ensaios de difração de raios x. Ao Laboratório de Saneamento Ambiental – LSA, na pessoa do prof. Mario Kato e Ronaldo Fonseca, técnico local dos primeiros teste de calcinação.

REFERÊNCIAS

- Yen, C.L., Tseng, D.H. & Lin T.T. 2011. Characterization of eco-cement paste produced from waste sludges. *Chemosphere* 84, p. 220–226.
- Lin, K.L. & Lin C.Y. 2005. Hydration characteristics of waste sludge ash utilized as raw cement material. *Cement and Concrete Research* 35 p. 1999–2007.
- Malliou, O., Katsioti, M., Georgiadis A. & Katsiri, A. 2006. Properties of stabilized/solidified admixtures of cement and sewage sludge. *Cement & Concrete Composites* 29 p. 55–61.
- Chen, H., Mab, X. & Dai, H. 2010. Reuse of water purification sludge as raw material in cement production. *Cement & Concrete Composites* 32 p. 436–439.
- Banfill, P. & Frias, M. 2007. Rheology and conduction calorimetry of cement modified with calcined paper sludge. *Cement and Concrete Research* 37 p. 184–190.
- Lina, Y., Zhoua, S., Li, F. & Lina, Y. 2012. Utilization of municipal sewage sludge as additives for the production of eco-cement. *Journal of Hazardous Materials* 213–214 p. 457–465.