

1. INTRODUÇÃO

O crescimento econômico e populacional ocorrido nas últimas décadas determinou um aumento na geração dos mais variados resíduos sólidos e o de uma progressiva degradação ambiental, advinda, principalmente, das formas inadequadas de descartes desses resíduos. Um manejo adequado destes em toda a sua cadeia pode contribuir de forma significativa para a preservação do meio ambiente e conseqüente melhoria da qualidade de vida de toda a sociedade (MENEZES, 2006).

A exemplo disto, cita-se a possível redução de riscos de poluição ao meio ambiente provocada pelo tratamento dado ao esgoto residencial, o qual é encaminhado para as Estações de Tratamento de Esgoto (ETE).

A utilização do lodo de ETE em processos de reciclagem, além de evitar a sua deposição em lugares inadequados e a contaminação do solo e da água, possibilitaria a redução do custo de gerenciamento das ETEs, públicas e privadas.

Somada a problemática da reciclagem do lodo de ETEs, convive-se com as questões ligadas a construção civil que vem sendo cobrada de uma maior conscientização quanto a redução de resíduos e a proteção ao meio ambiente. Tais fatos têm gerado um novo mercado de produtos voltado a oferta de materiais ecológicos e de construção sustentável, o que tem feito com que as pesquisas focadas na obtenção de novas fontes de matérias-primas para os produtos da construção civil ganhem lugar de destaque.

A quantidade de resíduos sólidos gerados, diariamente, vem aumentando gradativamente e sua disposição final tornou-se um dos focos principais de discussão. Os locais para a sua disposição estão se esgotando e medidas inadequadas são tomadas, tais como a queima do resíduo ou disposição junto a logradouros públicos, terrenos baldios, encostas e cursos de água, contaminando o ambiente e comprometendo a saúde humana (MARCO, 2009).

Antes da utilização do resíduo para uma determinada finalidade, observa-se a sua classificação. Para isso é necessário a identificação do processo de obtenção ou da atividade que lhe deu origem, de seus constituintes e características, e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido. O lodo, objeto deste estudo, provenientes do tratamento de esgoto são classificados como resíduos sólidos pertencentes à Classe II - não perigosos, de acordo com NBR-10004 (ABNT, 2004)

A matéria prima da indústria cerâmica, em geral, é a argila que é um material muito heterogêneo, cujas características dependem da sua formação geológica e da localização da extração (MACEDO et al. 2008).

Como mostrado em alguns estudos, o uso de resíduo pode ser uma alternativa rentável do ponto de vista econômico e ambiental.

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo investigar a influência da adição de lodo de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) na obtenção de massa cerâmica argilosa, destinados ao mercado da construção civil.

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Inicialmente, coletaram-se as matérias primas, o lodo de ETE, no município de Rio Grande, e a argila foi em uma olaria, no município de Pelotas-RS. As matérias primas foram secas por 24 horas, em estufa, a uma temperatura de 100°C e após trituradas em moinho de bolas para reduzir o seu tamanho. Uma pequena alíquota foi retirada para caracterização da composição química por fluorescência de raio-x.

Com as matérias primas, argila e lodo, foram elaboradas formulações de massa com 0 (zero), 5, 10, 20 e 40%, tamanho de partícula passante na peneira #80 e 10% de água (em peso) para a consistência da massa cerâmica. Para cada formulação, por prensagem, foram conformados 10 corpos de prova, dimensões 20mm x 60mm x 10 mm (largura, comprimento e espessura, respectivamente), que foram queimados à temperaturas de 850°C, 900°C, 950°C, 1000°C e 1050°C, totalizando 250 corpos de prova.

Os corpos de prova foram caracterizados fisicamente a partir da análise de retração linear (RL) de acordo com a norma ASTM 210/95, porosidade aparente (PA), absorção de água (AA). Para os ensaios de PA e AA foram utilizados o método da balança hidrostática.

A caracterização mecânica dos corpos de prova foi através do ensaio de flexão a quatro pontos (ASTM C - 133/97), em uma máquina de ensaio universal, marca SHIMADZU.

Para a caracterização ambiental, foram confeccionados novos corpos de prova em forma de cubo com tamanhos de 9,5mm, com a formulação que obteve o melhor resultado no ensaio mecânico. Os ensaios para essa caracterização são realizados conforme a norma NBR 10.005 (ABNT, 2004) e NBR 10.006 (ABNT, 2004), lixiviação e solubilização, respectivamente, e o resultado classificado de acordo com a norma NBR 10.004 (ABNT, 2004).

As formulações foram avaliadas quanto a sua aplicação tecnológica conforme normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) de acordo com requisitos como Absorção de Água e Resistência Mecânica.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a análise da fluorescência de raio-x pode se verificar a composição química das matérias primas, na tabela 1, o resultado demonstra a argila com teores significativos para Si, Al, Fe e K, respectivamente, enquanto que o lodo apresenta teores significativos para Ca, Fe e Si, respectivamente.

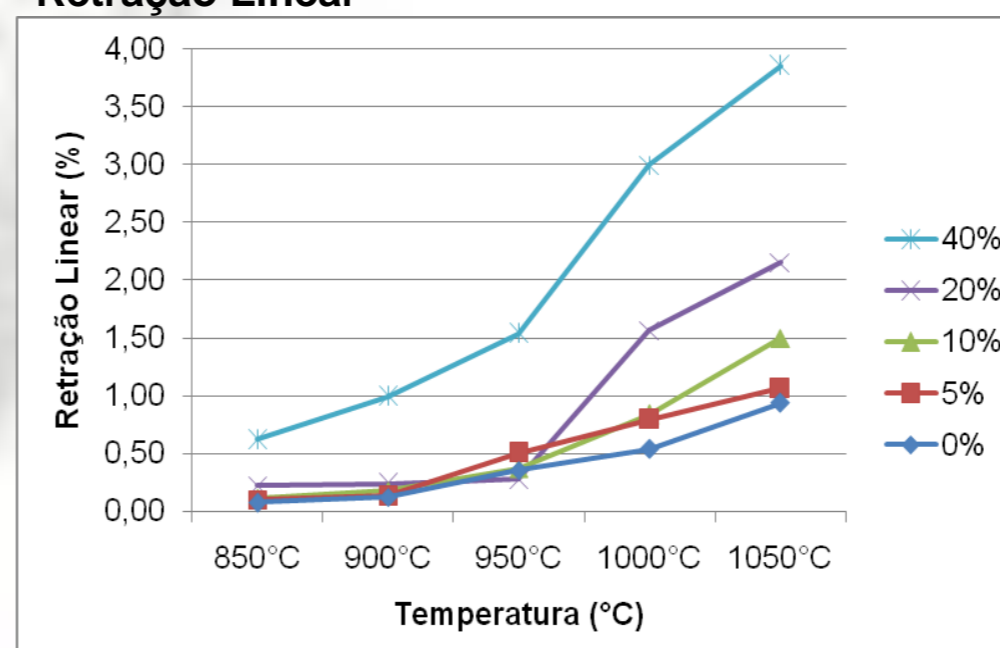
	Si	Al	Fe	K	Ti	Ca	S	P	Zn	Mn	Cu
Argila	64,71	14,98	10,61	6,48	1,68	0,78	0,15	-	0,03	0,16	-
Lodo	14,51	5,07	23,28	4,46	3,17	25,35	6,27	11,60	2,99	0,94	0,45

Tabela 1: Análise de fluorescência de raio-x em amostras das matérias primas

Os corpos de prova foram confeccionados nas formulações de 0, 5, 10, 20, 40% de lodo adicionados a massa cerâmica e prensados a 20MPa. Após secagem por 24 horas, a queima ocorreu a temperaturas de patamar de 850, 900, 950, 1000, 1050°C, taxa de aquecimento de 2,5°C/min e tempo de patamar de 1 hora.

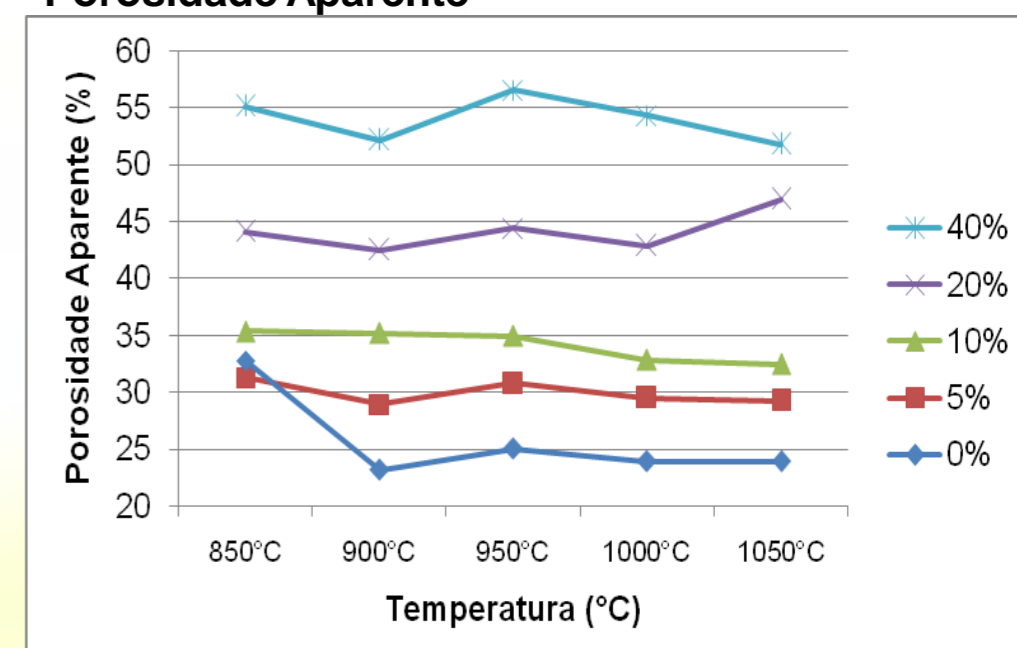
Dos ensaios realizados obteve-se:

Retração Linear



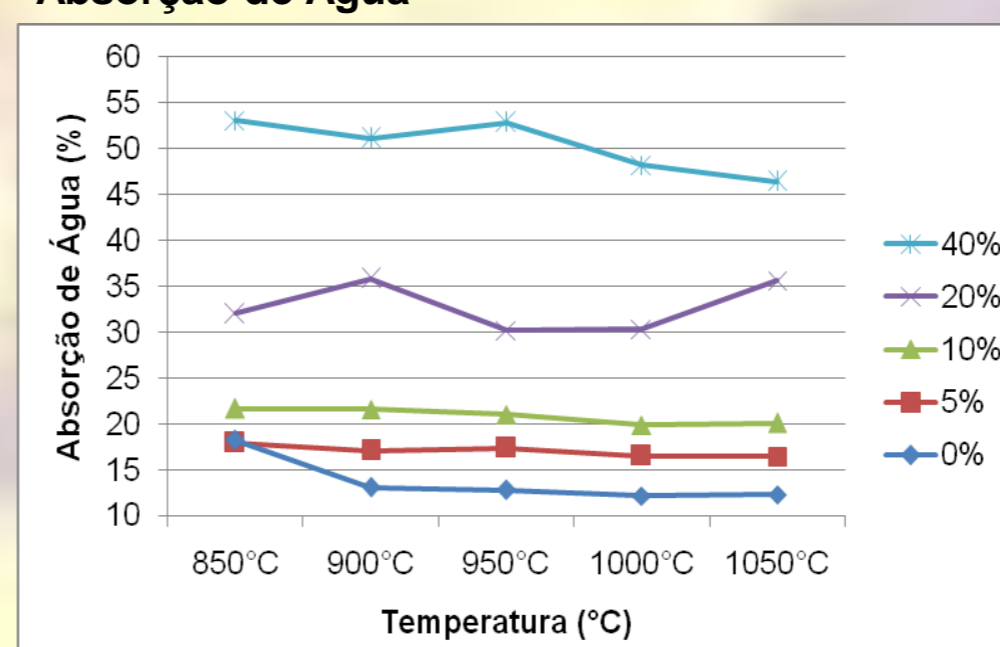
A formulação com 40% de lodo obteve a maior retração em todas as temperaturas de queima, indicando que conforme aumentou a temperatura, aumentou também, os espaços vazios no interior do material. Com 20% se obteve a menor retração em relação às outras formulações na temperatura de 950°C, porém, a formulação com maior uniformidade, comparativamente com a formulação de 0% de lodo adicionado, foi a de 5% nas diversas temperaturas.

Porosidade Aparente



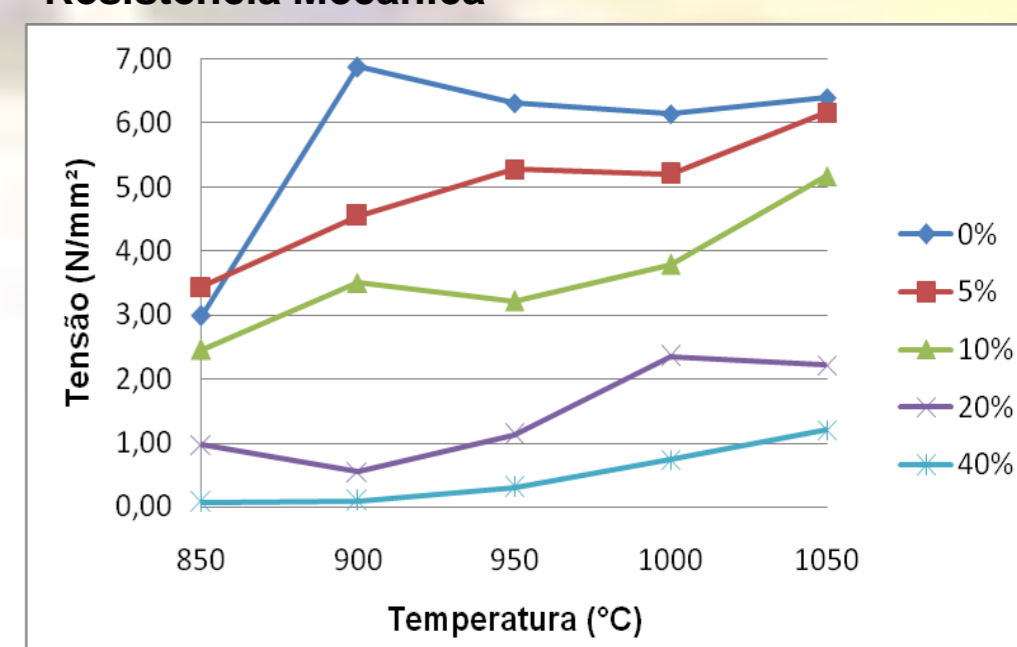
Apenas a formulação de 20% de lodo obteve aumento da porosidade quando submetida à temperatura de 1050°C em relação a temperatura de 850°C. As demais formulações apresentaram diminuição da porosidade com o aumento da temperatura, apenas as com 5 e 10% obtiveram porcentagens dos poros mais próximas da formulação com 0% de lodo.

Absorção de Água



É comprovada a relação direta da porosidade aparente com a capacidade de absorver água.

Resistência Mecânica



Todas as formulações obtiveram aumento da resistência que foram submetidas à temperatura máxima de queima em relação à inicial. A resistência da formulação com argila apenas, obteve um aumento acintoso nas temperaturas iniciais de 850°C para 900°C, com uma breve diminuição nas temperaturas seguintes.

Solubilização

Elemento	Unidade	Extrato Solubilizado	Limite Máximo ABNT NBR 10004/2004
Ferro	mg/L	<0,04	0,3
Alumínio	mg/L	0,34	0,2
Zinco	mg/L	0,02	5,0
Manganês	mg/L	<0,03	0,1
Cobre	mg/L	<0,004	2,0

No ensaio de solubilização, conforme norma NBR 10006 (ABNT, 2004), o extrato solubilizado apresentou concentração de Alumínio maior que o limite permitido pela norma de classificação de resíduos, com isso se pode classificar o resíduo da composição de 5% de lodo adicionado a uma temperatura de 1050°C como Classe IIA - Não Inerte.

➤ Formulação 0%: Atingiu índices satisfatórios para blocos cerâmicos de vedação com furos na horizontal para temperatura de 850°C. Para as demais temperaturas podendo ser utilizado como bloco cerâmico de vedação e alvenaria estrutural.

➤ Formulação 5%: Pode ser utilizado para aplicação como bloco cerâmico de vedação e alvenaria estrutural para todas as temperaturas de queima.

➤ Formulação 10%: Para temperatura de queima de 850°C pode ser utilizado somente para blocos cerâmicos de vedação e nas demais temperaturas para bloco cerâmico de vedação e alvenaria estrutural.

➤ Formulação 20%: Não atingiu índices mínimos para absorção de água em todas as temperaturas, para todas as aplicações. Para resistência mecânica, todas as temperaturas foram satisfatórias para placas cerâmicas de revestimento. Nas temperaturas de 1000°C e 1050°C também foi atingido índices mínimos para blocos cerâmicos de vedação com furos na horizontal.

➤ Formulação 40%: Nesta formulação apenas foi satisfatório para placas cerâmicas de revestimento nas temperaturas de 1000°C e 1050°C.

6. CONCLUSÕES

O trabalho realizado consegue inferir as seguintes conclusões:

Quanto à caracterização dos materiais, a adição do resíduo mostrou-se satisfatório para algumas aplicações, observadas algumas limitações, o que mostra a viabilidade desse material ser incorporado a massa cerâmica, podendo reduzir os custos do gerenciamento da ETE e de consumo de energia. Ganho econômico na reciclagem do resíduo e diminuição da extração de matérias primas no meio ambiente.

Para caracterização ambiental, por ensaio de solubilização na formulação que obteve melhor resultado na caracterização mecânica, no qual foi a formulação com menor quantidade de lodo adicionado a uma temperatura de 1050°C, foi demonstrado que o extrato solubilizado agride o meio ambiente, pois o elemento alumínio foi encontrado em concentração acima do limite para a norma NBR 10004 (ABNT, 2004).

Para trabalhos futuros, técnicas podem ser abordadas para eliminação ou diminuição de elementos como o alumínio que foi encontrado em quantidades maiores que o limite proposto para o extrato solubilizado, assim como outras temperaturas de queima para avaliar a sinterização e conseqüentemente a estabilização dos compostos no material.