

Metodologia de caracterização do resíduo de estação de tratamento de água para aproveitamento em cerâmica estrutural.

Liane M. Calarge^{1*}, Thiago A. de P. Pepe¹

¹*Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD FCBA - Dourados MS*

**lianecalarge@ufgd.edu.br; thiago_pepe@hotmail.com*

Resumo

A diminuição da poluição ambiental tem sido uma preocupação dos órgãos governamentais de proteção ao meio ambiente, que nos últimos anos tem estabelecido limites máximos para a grande diversidade de tipos de resíduos. A reciclagem destes materiais é uma alternativa, bem sucedida em diversos casos, gerando a sociedade uma série de benefícios, como a redução do volume de matérias-primas extraídas da natureza, a redução do consumo de energia na produção de materiais e a diminuição na produção de poluentes neste processo. Este trabalho apresenta uma proposta de metodologia para caracterização de resíduos de Estações de Tratamento de Água (ETAs) na indústria cerâmica estrutural. Tanto as matérias-primas cerâmicas como os resíduos, devem ser analisados através de: caracterização de matérias-primas cerâmicas, constituída de caracterizações geológica, mineralógica, química, física e tecnológica cerâmica. A análise conjunta de todas estas caracterizações, além de caracterizar a matéria-prima embasa a indicação da necessidade de misturar um ou mais tipos de matérias-primas para uma melhor produtividade e qualidade do produto final. Caracterização do resíduo da ETAs, se baseia nas propriedades físicas químicas do material e deve apresentar ensaios de análise química, mineralógica e granulométrica, além da classificação do resíduo segundo normas da ABNT. Caracterização cerâmica, que constitui uma série de ensaios tecnológicos que são realizados em materiais para possível utilização na indústria cerâmica. Estes ensaios tecnológicos para alvenaria estrutural são aplicados as seguintes temperaturas: após secagem a 110C e após queima a 850C, 950C, 1050C, 1150C. Estes estudos deverão ser realizados nas massas (misturas de argilas) das olarias, para que após a adição do resíduo em diferentes porcentagens, se tenha estes resultados como referência básica.

Palavras Chave: Resíduo de ETA, Cerâmica Estrutural, Ensaios Tecnológicos Cerâmicos

1 Introdução

No Brasil, estima-se que cerca de 2.000 toneladas diárias de sólidos sejam lançadas em cursos de água, sem nenhum tratamento. Não há dúvidas de que a sustentabilidade das regiões metropolitanas esteja diretamente vinculada com a garantia e manutenção de fontes de água, pois o desenvolvimento econômico, a produção agrícola e todas as atividades humanas dependem da disponibilidade hídrica e do acesso à água de qualidade adequada. (TRÍPOLI, 2006)

A diminuição da poluição ambiental tem sido uma preocupação dos órgãos governamentais de proteção ao meio ambiente, que nos últimos anos tem estabelecido limites máximos para a grande diversidade de tipos de resíduos. A reciclagem destes materiais é uma alternativa, bem sucedida em diversos casos, gerando a sociedade uma série de benefícios, como a redução do volume de matérias-primas extraídas da natureza, a redução do consumo de energia na produção de materiais e a diminuição na produção de poluentes neste processo.

A caracterização de resíduos, de qualquer natureza, é de fundamental importância para todo tipo de utilização a que tenha finalidade. Além de identificar as principais propriedades que possam classificar o resíduo como sendo utilizável ou não, ou como matéria-prima para qualquer tipo de

indústria, deve-se avaliar também as características técnicas relacionadas ao desempenho industrial e a estabilidade do novo produto, assim como possível impacto ambiental devido ao seu uso.

Com base na Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei 9 433, de 8 de janeiro de 1997, e a Lei de Crimes Ambientais, Lei 9 605, de 12 de fevereiro de 1998, é crescente a preocupação das empresas públicas e privadas, deposição dos resíduos nos cursos d'água de nossos mananciais, além de ser economicamente inviável é ecologicamente incorreto. Sendo assim o aproveitamento deste resíduo é uma das formas mais eficazes dentro das tecnologias ambientais. Porém para o aproveitamento de qualquer resíduo é necessário sua caracterização física, química, mineralógica e granulométrica, entre outras.

As Estações de Tratamento de Água (ETAs) na produção de água para população produz um resíduo (lodo) constituído, basicamente de sedimentos inorgânicos e matéria orgânica. Este material é o resultado da aplicação de produtos químicos para oxidar, coagular e decantar os materiais considerados como impurezas na qualidade da água potável. Na grande maioria das ETAs brasileiras este material é devolvido aos mananciais. Em algumas regiões metropolitanas este lodo sofre um tratamento de remoção da umidade e é disposto em aterros sanitários, em outras regiões já são aproveitados em processos industriais.

A disposição deste lodo nos mananciais causa um grande dano ambiental, pois a descarga deste material aumenta a turbidez do curso d'água, modifica o pH e EH da água, e com a adição de flocculantes, nos tanques de decantação das ETAs, altera toda a química do curso d'água jusante, prejudicando toda a biota do recurso hídrico.

A composição deste material depende da área de drenagem da bacia onde o recurso hídrico está inserido. Vários são os trabalhos desenvolvidos de aproveitamento de lodos de ETAs em cerâmica estrutural, porém esses estudos de caracterização se fazem necessários tanto pela variabilidade das fontes de sedimentos das bacias de drenagens, como das jazidas de matérias-primas cerâmicas que por si só são mineralogicamente heterogêneas.

A utilização deste resíduo em misturas com argilas cria condições e promove os meios necessários para o aproveitamento mais racional dos recursos naturais, através de uma tecnologia voltada à recuperação do meio ambiente, com ênfase dirigida para a reciclagem de resíduos sólidos inorgânicos de origem industrial.

O setor cerâmico no Brasil é abrangente, dinâmico, movimenta cerca de 6 bilhões de reais por ano e gera 400.000 empregos diretos e 1,25 milhões indiretos. De acordo com a Associação Nacional da Indústria Cerâmica, atualmente, existem 6.620 indústrias no Brasil, sendo 4.200 produtoras de blocos, 2.400 de telhas e 20 de tubos. A quantidade de argila extraída por este setor é de 9.500.000 t/mês para uma produção mensal de 4.000.000.000 de blocos, 700.000.000 de telhas e 465 km de tubos. (TRÍPOLI, 2006).

A maioria das indústrias está localizada nas regiões sudeste e sul. Segundo o SENAI (apud TRÍPOLI, 2006), a região sudeste conta com 1.600 indústrias e 2000 olarias, responsáveis por uma produção mensal de 575.000 blocos e geração de 80.000 empregos diretos. Portanto, o setor de cerâmica vermelha tem potencial para absorver os resíduos gerados em 7.500 estações de tratamento de água do Brasil. Por esta razão, foi o escolhido para o estudo.

Por outro lado, o setor cerâmico produz os seguintes impactos ambientais quando da retirada de argila de jazidas: supressão da vegetação; reconfiguração de superfícies topográficas; aceleração dos processos erosivos; indução de escorregamentos; modificação de cursos d'água; aumento da turbidez e da quantidade de sólidos em suspensão em cursos d'água receptores; assoreamento de cursos d'água; inundações à jusante.

A fabricação de produtos cerâmicos compreende várias fases, desde a exploração da jazida e tratamento prévio da matéria-prima, passando pela homogeneização, moldagem e secagem do material até sua queima.

As características essenciais das argilas para serem usadas na fabricação de produtos de cerâmica vermelha são: ser de fácil moldagem, ter valor médio ou elevado para a tensão de ruptura à flexão, antes e após queimar; apresentar mínimo de trincas e empenamento. Estas características são determinadas pela plasticidade, pela capacidade de absorção e cessão de água e pelo seu comportamento ao calor (alteração de volume durante a secagem e a queima).

A reciclagem de resíduos é uma das maneiras de diversificar a oferta de matérias-primas para produção de componentes para a construção civil, viabilizando, eventualmente, reduções de preço. Essa situação pode ser favorecida pela adoção de incentivos para a produção de habitações de baixa renda, utilizando-se para isso, produtos reciclados de desempenho comprovado. Sendo assim, a reciclagem de resíduos, como matéria-prima na produção de componentes construtivos, contribui tanto para a preservação ambiental como desenvolvimento de políticas sociais.

Este trabalho apresenta uma proposta de metodologia para a caracterização de lodos de ETAs visando seu aproveitamento em massas de cerâmica estrutural (vermelha).

2 Caracterização de matérias – primas e resíduos de ETAS

2.1 Caracterização de matérias – primas cerâmicas

As indústrias cerâmicas fabricam produtos cujas aplicações são extremamente diversificadas: refratários, cerâmica vermelha, cerâmica branca. Apesar de diferentes utilizações de seus produtos finais, a maioria dessas indústrias utiliza matérias-primas argilosas naturais que estão sujeitas a variações acentuadas nas suas propriedades, devido a uma série de fatores que abrangem desde as características do jazimento até a forma de extração do material. Essas variações das propriedades das matérias-primas interferem de forma significativa no processamento dos produtos cerâmicos, principalmente, quando se verificam formulações onde a fração argilosa corresponde a 50% ou mais da composição do futuro produto.

A indústria de cerâmica vermelha (tijolos, blocos, telhas, vasos, etc.) caracteriza-se por processar grandes volumes de matéria-prima, localizar-se junto às jazidas e, quando possível, próximos aos grandes centros consumidores.

A caracterização de uma matéria-prima cerâmica vai desde a análise geológica da jazida até a avaliação da microestrutura dos argilo-minerais constituintes. O conjunto de ensaios laboratoriais para essa avaliação é a seguinte:

2.1.1 Caracterização geológica

A definição do ambiente formador da jazida: argila de várzea, margem de rios, encostas de morros ou folhelhos que se encontram em maiores profundidades ou ainda argilas associadas as alterações “*in situ*” de outras rochas;

2.1.2 Caracterização mineralógica

Identificação dos argilo-minerais e dos demais minerais associados, os quais comumente são quartzo, feldspato, micas e óxidos de ferro. São utilizadas metodologias mais sofisticadas como: difração de raios-X (DRX), análise térmica diferencial / gravimétrica (ATD/ATG), microscopia óptica (MO) e microscopia eletrônica de varredura (MEV);

2.1.3 Caracterização química

Consiste em determinar a composição química dos minerais constituintes da matéria-prima. Os resultados da análise química são dados na forma de óxidos, sendo as principais determinações os óxidos de silício, alumínio, ferro, titânio, cálcio, magnésio, sódio, potássio. Em alguns casos, também é necessário determinar o teor de matéria orgânica de carbono e enxofre.

2.1.4 Caracterização física

São muitas as propriedades físicas das matérias-primas, porém, analisando-se massa específica real e aparente (MER e MEA), granulometria, capacidade de troca de cátions (CTC), já se obtém as referências necessárias.

2.1.5 Caracterização tecnológica cerâmica

É a aplicação de ensaios práticos, tais como contração linear, tensão de ruptura à flexão, absorção d'água, porosidade aparente, massa específica aparente, que visam verificar se determinada matéria-prima pode ou não ser utilizada e como deve ser utilizada.

A análise conjunta de todos os ensaios citados anteriormente, além de caracterizar a matéria-prima, embasa a indicação da necessidade de misturar um ou mais tipos de matérias-primas para uma melhor produtividade e qualidade do produto final. Na maioria das vezes, ganha-se com a diminuição da porcentagem de quebras, há melhor trabalhabilidade dos equipamentos e, conseqüentemente, maior rapidez de produção e manuseio das peças

2.2 Caracterização do resíduo da ETA, (SANTOS, RAMIRES, KAZMIERCZAK *et al.*, 2001)

As amostras de lodo são compostas principalmente por sedimentos inorgânicos e matéria orgânica. Para sua caracterização é necessário a eliminação de toda a matéria orgânica, pois esta pode alterar os resultados dos ensaios de caracterização física do material. Outra razão para se eliminar a matéria orgânica é que esta será volatilizada durante a queima do produto cerâmico.

As metodologias utilizadas para caracterização química e física dos resíduos de ETAs são:

2.2.1 Análise Química

Para determinação da composição química elementar dos componentes inorgânicos do material, constituída dos seguintes óxidos: SiO₂, Al₂O₃, TiO₂, MgO, Na₂O, K₂O, CaO, P₂O₅ e perda ao fogo.

2.2.2 Análise Mineralógica

Esta deve ser realizada por difração de raios X, pois o material presente normalmente são argilas e sedimentos de granulometria na faixa de silte e areia fina. Recomenda-se técnicas de pó desorientado, caracterizando assim a mineralogia total da amostra e lâminas orientadas a seco, glicoladas e calcinadas, obtendo-se assim a caracterização mineralógica dos diversos tipos de argilas, caso das argilas de camadas 2:1, e as que são cauliníticas de camadas 1:1.

2.2.3 Análise granulométrica

A distribuição granulométrica do material deve ser realizada através de granulômetros, pois o lodo é um material de granulometria muito fina, constituído de argilas e silte cujos métodos de granulometria mais clássicos, peneiramento, por exemplo, não são eficazes nesta faixa granulométrica. A granulometria realizada por densímetro também é muito utilizada, obtendo resultados satisfatórios.

Outras técnicas analíticas podem ser empregadas para a caracterização do resíduo, tais como Microscopia eletrônica de Varredura (MEV), para a caracterização morfológica dos grãos e

mesmo para confirmação da mineralogia da amostra através de análises de EDS. Espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier – FTIR, que caracteriza os grupos orgânicos e inorgânicos.

A classificação do resíduo segundo as normas da ABNT (NBR 10004/2004) é de fundamental importância para o gerenciamento. Segundo esta norma pode-se classificar os resíduos em dois grupos: Classe I: Perigosos, Classe II: Não perigosos sendo esses subdivididos em: Classe II: A - Não inerte e Classe II B – Inertes. Para aproveitamento em massas cerâmicas o resíduo deve ser classificado como Classe II B – Inertes. Esta classificação é realizada em laboratórios nacionais credenciados.

3 Caracterização Cerâmica

3.1 Ensaios cerâmicos

É uma seqüência de ensaios aplicados para caracterizar argilas ou misturas de argilas e outros materiais, neste caso resíduo (Lodo), para possível utilização em produtos cerâmicos.

Estes estudos deverão ser realizados nas massas (misturas de argilas) das olarias, para que após a adição do resíduo em diferentes porcentagens, se tenha estes resultados como referência básica.

Os processos de conformação utilizados para a confecção dos corpos de prova devem ser: a extrusão (maromba) e a prensagem (prensa). Isto dependerá do processo industrial que a indústria cerâmica da região utiliza.

As temperaturas de queima devem ser determinadas pelo tipo de aplicação e produto produzido. Nas massas cerâmicas de alvenaria estrutural são aplicadas as seguintes temperaturas: após secagem a 110C e após queima a 850C, 950C, 1050C, 1150C.

Os ensaios cerâmicos são:

- Após secagem a 110C: contração linear, tensão de ruptura à flexão, umidade de conformação;
- Após queima em todas as temperaturas citadas é necessário: contração linear, tensão de ruptura à flexão, absorção d'água, porosidade aparente, massa específica aparente.

3.2 Estudos das misturas das massas cerâmicas com resíduos de ETAs: (SANTOS, RAMIRES, KAZMIERCZAK et al., 2001)

Estudos preliminares de argilas com resíduos visam, através de processos de laboratório, estudar várias misturas para definição do melhor traço, variando-se os teores de resíduo. (SANTOS, 1992)

Com base nas análises químicas, físicas e tecnológicas, pretende-se realizar 6 (seis) tipos de misturas para cada tipo de argila-resíduo que serão comparados com argilas sem resíduo.

A partir desses estudos serão fixados os teores de resíduo mais adequado para cada mistura, visando-se a obtenção de produtos com características químicas, físicas e mecânicas otimizadas. A avaliação das misturas se fará em corpos-de-prova obtidos por extrusão e/ou prensagem.

3.2.1 Processo por extrusão:

Consiste na moldagem dos corpos-de-prova utilizando-se extrusora à vácuo em laboratório. O resíduo é misturado adicionando-se a quantidade de água determinada pelo ensaio do limite de plasticidade.

Nestes corpos-de-prova é realizada uma seqüência de ensaios cerâmicos para determinar as propriedades de cada mistura e comparar os corpos-de-prova de sem resíduo, para verificar a influência de cada teor de resíduo nas características da mistura.

3.2.1 Processo por prensagem:

Consiste na moldagem dos corpos-de-prova de misturas de argila com resíduo através de prensa hidráulica. Os corpos-de-prova serão submetidos aos mesmos ensaios que os extrudados.

3.3 Desenvolvimento dos componentes na indústria cerâmica:

Quando possível é recomendável um teste na indústria cerâmica em escala piloto. A partir dos resultados obtidos nos ensaios de laboratório é escolhida a melhor mistura, tanto para o processo de extrusão, quanto de prensagem. Os componentes obtidos devem ser submetidos a uma série de ensaios para avaliação de suas características em comparação com os produtos da indústria cerâmica, verificando assim o desempenho do produto com adição do resíduo.

A reciclagem de resíduos é uma das formas mais apropriadas para a solução de problemas de disposição de rejeitos industriais. Segundo Chies et al. (2000), a reciclagem de resíduos como material de construção permite:

- redução do volume de extração de matérias-primas;
- conservação de matérias-primas não renováveis;
- redução do consumo de energia;
- menores emissões de poluentes;
- melhoria da saúde e segurança da população.

A incorporação de resíduos em materiais de construção objetiva neutralizar estes, que quando depositados em aterros sanitários, sempre estarão sujeitos a acidentes de grandes conseqüências.

4 Conclusão

Os resíduos de ETAs podem substituir a argila utilizada nas indústrias de cerâmica vermelha, resultando em benefícios ao ceramista, uma vez que possibilita o aumento da vida útil da jazida. Pode também melhorar a aceitação dos produtos, pois o aproveitamento vem de encontro ao marketing ecológico, tão buscado pelas indústrias ultimamente, e a redução dos custos de recomposição de áreas com vegetação nativa. Beneficia ainda a concessionária de serviços de saneamento, por ser uma solução definitiva à disposição do resíduo gerado no tratamento de água e ao meio ambiente, pela redução da supressão da vegetação, da poluição aquática causada pelo lançamento dos resíduos diretamente nos corpos d'água e das emissões nos fornos das indústrias.

Os problemas ligados ao descarte de resíduos industriais no meio ambiente preocupam, na atualidade, não só os órgãos ambientalistas, mas também a população em geral e outros segmentos da sociedade, acarretando a necessidade da interdisciplinaridade entre áreas distintas tais como Geologia, Química, Engenharias Civil e de Materiais para fornecer resultados aprofundados sobre a caracterização dos materiais envolvidos.

A caracterização deste resíduo pode, também, fornecer subsídios para seu aproveitamento nos mais diversos setores da produção industrial e agroindustrial que fizerem uso benéfico de resíduos inorgânicos.

6 Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Resíduos Sólidos*. NBR 10004. Rio de Janeiro. 2004.

CHIES, F., ZWONOK, O., SILVA, N. I. W; CALARGE, L. M. Desenvolvimento de tijolos a partir de cinzas pesadas e cal hidratada. II – Caracterização Tecnológica. In: FRANKENBERG, C. L. C.; RAYA-RODRIGUES, M. T.; CANTELLI, M. (orgs.) *Gerenciamento de Resíduos e Certificação Ambiental*. Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 140 - 148. 2000.

SANTOS, P. S.. *Ciência e Tecnologia de Argilas*. 2ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 1992, 408p.

SANTOS, I. S. S., RAMIRES, M. V. V., KAZMIERCZAK, C. S., SILVA, H., KERN, C., A. P, CAMARGO, S. A. *Anais do 45º Congresso Brasileiro de Cerâmica*. Florianópolis, SC cdrom, p. 201-214. Florianópolis. p. 201-213. 2001.

TRÍPOLI, R. *Projeto de lei nº 465. Assembléia Legislativa de São Paulo*. 2006.