

DA PESQUISA À EXTENSÃO: APROVEITAMENTO DE LODO DE ETA EM CERÂMICA ARTÍSTICA NA REGIÃO TRINACIONAL¹

João Carlos Pozzobon², Juliana Fenner Ruas Lucas³, Nora Díaz Mora⁴

RESUMO: O tratamento de água para consumo humano gera como resíduo um lodo com alto teor de umidade. Ante a necessidade de melhor gerenciar a disposição final desse material, propôs-se, neste trabalho, um estudo sobre o aproveitamento do lodo gerado em ETA como matéria-prima para a produção de cerâmica artística, com o objetivo de fornecer aos artesãos ceramistas do Projeto Ñandeva informações técnicas sobre como desenvolver seu trabalho utilizando o resíduo. Para tanto, utilizou-se lodo proveniente da ETA Tamanduá - Foz do Iguaçu/PR e uma mistura industrializada de argila com chamote. Desenvolveu-se um estudo preliminar incorporando lodo *in natura* à massa cerâmica usual dos artesãos, propôs-se e analisou-se dois métodos de tratamento para o beneficiamento do lodo e avaliou-se as propriedades físicas de peças cerâmicas sinterizadas contendo o lodo. A partir da análise dos resultados, constatou-se que é possível incorporar até 15% de lodo seco e moído na produção de artefatos artísticos satisfatoriamente.

PALAVRAS-CHAVE: tratamento de água, aproveitamento de resíduo, artesanato.

FROM RESEARCH TO EXTENSION: USE OF WTP SLUDGE IN ARTISTIC POTTERY IN THE TRINATIONAL REGION

SUMMARY: The water treatment for human use generates a sludge with high moisture content as waste. In face to the need of better management for this material disposal, it was proposed in this work, a study about the use of the sludge generated in water treatment plants as raw material for the artistic pottery manufacture, in order to provide to the Ñandeva Project artisans technical information on how to develop their work using the residue. In this regard, it was used sludge from Tamanduá WTP - Foz do Iguaçu/PR and an industrialized mixture of clay with "chamote". It was developed a preliminary study incorporating fresh sludge to the usual ceramic mass used by the artisans, it was proposed and analyzed two treatment methods for sludge processing and appraised the physical properties of sintered ceramics containing sludge. The results indicate that it is possible to incorporate up to 15% of dried and ground sludge into artistic artifacts for satisfactorily manufacture.

KEYWORDS: water treatment, waste use, handicraft.

INTRODUÇÃO

Com o crescimento na demanda por água potável, há uma maior necessidade em se tratar a água disponível na natureza. O processo convencional utilizado para o tratamento de água, usado na maioria dos sistemas de abastecimento para o consumo humano, gera lodos

¹ Órgão financiador: Sanepar - Companhia de Saneamento do Paraná. A contribuição é original, inédita e não está sendo avaliada para publicação por outra revista ou evento.

² Graduando, Acadêmico de Engenharia Mecânica, CECE, Campus de Foz do Iguaçu, Unioeste, Foz do Iguaçu, PR, jocapozzo@hotmail.com.

³ Mestranda, Engenheira Civil, CECE, Campus de Foz do Iguaçu, Unioeste, Foz do Iguaçu, PR.

⁴ Doutora, Engenheira Química, CECE, Campus de Foz do Iguaçu, Unioeste, Foz do Iguaçu, PR.

decantados, com um alto teor de umidade (PORTELLA et al., 2003). O lodo gerado nas ETA - Estações de Tratamento de Água usualmente é destinado aos aterros sanitários, contribuindo para a redução da vida útil dos mesmos, tornando-se, portanto, um inconveniente ambiental (ANDREOLI, 2001).

A Sanepar - Companhia de Saneamento do Paraná está preocupada com a destinação do lodo gerado nas diversas estações do estado e vem buscando alternativas para melhor gerir a disposição final desse resíduo. Para contribuir com os esforços da Sanepar, o Laboratório de Materiais da Unioeste - Universidade Estadual do Oeste do Paraná está desenvolvendo um estudo sobre o aproveitamento do lodo gerado em ETA como matéria-prima para a produção de cerâmica artística.

Neste estudo, propõe-se a utilização do lodo da ETA Tamanduá - Foz do Iguaçu/PR na preparação de massa cerâmica para a produção de peças artísticas e utensílios cerâmicos no âmbito do Projeto Ñandeva. O referido projeto, com sede no PTI - Parque Tecnológico de Itaipu, em Foz do Iguaçu, envolve artesãos e designers do Brasil, Paraguai e Argentina na busca pelo desenvolvimento do artesanato na região trinacional.

O Ñandeva tem como objetivos fortalecer a identidade da produção artesanal regional, contribuir para a melhoria da qualidade do artesanato, buscar canais de comercialização dos produtos, gerando emprego, renda e oportunidades para artesãos e comunidades produtoras, além de promover a transferência de tecnologias aplicadas ao artesanato (ÑANDEVA, 2010).

Assim, o presente trabalho tem por objetivo fornecer aos artesãos ceramistas do Projeto Ñandeva informações técnicas sobre como desenvolver seu trabalho utilizando um resíduo - o lodo de ETA, condição esta que tornará possível a efetiva substituição de parte da matéria-prima não renovável usada por estes, a argila, na produção de cerâmica artística, gerando um duplo benefício ambiental.

MATERIAL E MÉTODOS

Material utilizado

O lodo utilizado é proveniente da ETA Tamanduá de Foz do Iguaçu/PR, composto por 31,6% Al_2O_3 , 24,1% SiO_2 , 18,6% Fe_2O_3 , 2,8%, SO_3 , 2,2% TiO_2 (mediante difração de raios X) e 35,9% de matéria orgânica (TARTARI, 2008).

Para a composição das massas cerâmicas, foi selecionada uma mistura industrializada de argila com chamote (representada por AP), procedente de São Paulo/SP, marca Pascoal, normalmente usada pelos artesãos do Projeto Ñandeva.

Incorporação de lodo *in natura* para a produção de peças artística

Preliminarmente, definiu-se 5 diferentes misturas: 6, 8, 10, 12 e 15% de lodo para 94, 92, 90, 88 e 85% de AP, respectivamente. Determinou-se o teor de umidade do lodo *in natura* e calculou-se a quantidade de lodo necessária por mistura para a obtenção do percentual deste em massa seca. A determinação da unidade do lodo foi realizada pela média de 3 repetições, conforme metodologia da EMBRAPA (1997).

Para cada uma das misturas, preparou-se 1 massa cerâmica a partir do umedecimento das misturas e produziu-se 1 amostra segundo o processo convencional dos artesãos para a confecção de peças, mediante modelagem das massas em torno, com a assistência de uma artista plástica do Projeto Ñandeva. As peças modeladas foram secas ao ar e posteriormente foram sinterizadas em forno elétrico à temperatura de 1000 °C por 24 h.

O processo de confecção das amostras foi monitorado para identificar possíveis dificuldades técnicas na utilização das misturas. As peças prontas e lixadas passaram por inspeção visual e avaliação qualitativa da artista plástica.

Beneficiamento do lodo de ETA para a utilização em cerâmica artística

Foram propostos dois métodos de tratamento para o beneficiamento do lodo *in natura* (representado por LIN): lodo úmido peneirado (representado por LUP) e lodo seco moído (representado por LSM).

O tratamento LUP consistiu no peneiramento manual do lodo *in natura* em peneira granulométrica (0,297 mm de abertura de malha), sendo o lodo comprimido contra a malha, semelhantemente a um processo de extrusão devido à elevada viscosidade do mesmo. Após este procedimento, verificou-se o teor de umidade do lodo peneirado.

O tratamento LSM consistiu na secagem do lodo em estufa à 110 ± 5 °C por 24 h e posterior moagem manual com pistilo em almofariz de ágata e tamização em peneira granulométrica de 0.297 mm de abertura de malha.

Para realizar um estudo comparativo, foram produzidas 3 misturas: a) AP + LIN, b) AP + LUP e c) AP + LSM. Para a composição das misturas, manteve-se a relação de 85% de argila para 15% de lodo (massa seca), independentemente do tratamento, fazendo-se a correção referente à umidade no caso de LIN e LUP.

Para a confecção de massas cerâmicas, algumas misturas demandaram a adição de água destilada para possibilitar o umedecimento e aglutinação dos componentes. Produziu-se também uma massa cerâmica sem a adição de lodo, apenas com AP, como referência. Para cada uma das massas, confeccionou-se amostras em triplicata. Estas foram moldadas manualmente, com o auxílio de uma forma metálica de 45 mm de diâmetro e 15 mm de altura. As amostras foram secas ao ar e posteriormente foram sinterizadas em forno elétrico à temperatura de 1000 °C por 24 h.

Para avaliar os métodos de tratamento, as amostras sinterizadas foram submetidas ao ensaio de porosidade aparente, segundo SANTOS (1975). Considerando que, quanto melhor o processo de sinterização da massa cerâmica, menor a porosidade da peça e a incidência de defeitos, especificamente de furos e bolhas, propõe-se aqui que a porosidade aparente pode ser usada como uma medida indireta da qualidade em relação a esses defeitos.

A partir da comparação das médias dos resultados de porosidade das amostras confeccionadas com lodo *in natura*, lodo úmido peneirado e lodo seco e moído, foi possível avaliar a influência dos tratamentos LUP e LSM na redução de defeitos em peças cerâmicas. As amostras prontas também passaram por inspeção visual.

Análise de propriedades físicas de peças cerâmicas contendo lodo

Ante a dificuldade em se determinar parâmetros e faixa de valores que indicassem a qualidade de peças artísticas, por não haver métodos, normas ou ensaios específicos, neste trabalho fez-se necessário adaptar metodologias tradicionais e normalizadas, como por exemplo, ensaios de solos, telhas e blocos cerâmicos, e utilizar técnicas e parâmetros empíricos dos artesãos.

Assim, analisou-se as propriedades físicas de peças cerâmicas contendo 12 e 15% lodo. Para tanto, foram produzidas 2 misturas: 12% e 15% de LSM para 88% e 85% de AP, respectivamente, adidas de água destilada em quantidade suficiente para o umedecimento e aglutinação dos componentes das misturas para formar massas adequadas à modelagem das peças.

Os ensaios realizados foram: porosidade aparente, absorção de água, contração linear e inspeção visual. Com as 2 massas cerâmicas, confeccionou-se amostras em duplicata conforme a característica do ensaio, sendo todas secas ao ar e posteriormente foram sinterizadas em forno elétrico à temperatura de 1100 °C por 7 h.

Para a realização dos ensaios de porosidade aparente, absorção de água e para a inspeção visual foram confeccionadas amostras segundo o processo convencional dos artesãos para a confecção de peças, mediante modelagem das massas em torno, com a assistência de uma artista plástica. Após sinterizadas, estas amostras foram submetidas aos

ensaios de porosidade aparente, segundo SANTOS (1975), e de absorção de água, conforme indica ABNT (2009).

Para o ensaio de contração linear, utilizou-se da metodologia adotada pela artista plástica. Assim, foram confeccionadas amostras na forma de placas de aproximadamente 60 mm de comprimento, 60 mm de largura e 10 mm de altura. Antes de iniciar a secagem ao ar das placas, foram feitos 2 riscos retos de 50 mm cada, espaçados por 20 mm entre si em cada amostra (Figura 1).



Figura 1 - Amostra de contração linear, AC + LIN com 12% de lodo.

Após a sinterização das placas, mediu-se o comprimento dos riscos com o auxílio de escalímetro e calculou-se a contração linear como sendo:

$$\text{contração linear(\%)} = \frac{c_i - c_f}{c_i} \times 100,$$

onde c_i e c_f representam os comprimentos inicial (antes da secagem ao ar da amostra) e final (após a sinterização da amostra) dos riscos, em mm, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Incorporação de lodo *in natura* para a produção de peças artística

O teor de umidade da amostra de lodo *in natura* utilizada foi igual a 82,62%. Uma vez que as argilas encontravam-se na forma de pó seco e o lodo úmido, verificou-se grande dificuldade na homogeneização das massas cerâmicas. Após a homogeneização, observou-se que as massas apresentavam pedriscos e pequenos aglomerados de areia.

Durante o processo de umedecimento das misturas, monitorou-se a quantidade de água adicionada. As misturas com 15, 12 e 10% de lodo não demandaram adição de água, mostrando-se a umidade do lodo suficiente para a obtenção da consistência necessária ao trabalho artístico. As misturas com 8 e 6% de lodo receberam adição de água para melhorar a maleabilidade da massa no torno.

No processo de modelagem das peças, verificou-se que os pedriscos e os aglomerados de areia dificultavam o torneamento das massas cerâmicas e a confecção das amostras, comprometendo a qualidade (aspecto visual) das peças.

Após a queima das peças, foram observados furos e bolhas (Figura 2) em todas as amostras confeccionadas, decorrentes da presença de pedriscos, aglomerados de areia e matéria orgânica no lodo. Estes materiais não participaram das reações de decomposição e

interação com os componentes da massa cerâmica durante a sinterização das amostras à temperatura de queima imposta, dando origem aos defeitos (SILVA, 2004).



Figura 2 - Furos e bolhas em amostra sinterizada confeccionada com massa cerâmica com incorporação de 15% de lodo *in natura*.

Apesar da dificuldade na homogeneização das massas cerâmicas e dos defeitos nas peças sinterizadas, verificou-se que todas as amostras apresentaram desempenho equivalente entre si e, segundo a artista plástica, semelhante a peças confeccionadas sem a adição de lodo, em termos de trabalhabilidade artesanal e resposta à queima.

Nesta etapa, constatou-se que o lodo gerado na ETA Tamanduá pode ser utilizado em substituição parcialmente da argila em massa cerâmica para a produção de artefatos artísticos, reduzindo o consumo de argila e água no processo. Para tanto, detectou-se a necessidade de realizar o beneficiamento do lodo para desaglomerar a areia e retirar os pedriscos e parte da matéria orgânica que comprometem o aspecto visual das peças.

Beneficiamento do lodo de ETA para a utilização em cerâmica artística

Na Tabela 1, são apresentados os resultados médios de porosidade aparente obtidos para as amostras confeccionadas com as 4 massas cerâmicas produzidas.

Tabela 1 - Porosidade aparente média das amostras e eficiência dos tratamentos.

Composição da massa cerâmica	Porosidade aparente (%)	Eficiência em relação a LIN (%)
AP	18,02	-
AP + LIN	36,63	-
AP + LUP	31,79	13,21
AP + LSM	27,72	24,32

Analisando a porosidade aparente média das amostras com AP comparativamente com a porosidade das amostras com outras composições, verifica-se que a adição de lodo, com ou sem tratamento, promove o aumento na porosidade das peças. Isto se deve à granulometria do lodo que, segundo TARTARI (2008), é principalmente arenosa e siltosa.

Os tratamentos LUP e LSM promoveram diferença considerável com relação ao LIN, sendo que o tratamento LSM mostrou-se melhor uma vez que a porosidade aparente média das amostras com LSM foi menor que das amostras com LUP.

A maior eficiência de LSM, ou seja, a maior redução de porosidade aparente com relação ao LIN, indica que ocorreu uma melhor sinterização das argilas com o lodo seco moído e conseqüentemente, menor incidência de defeitos nas amostras com este. Isso ocorre porque,

com a granulometria mais fina do lodo, minimiza-se o tempo necessário para a ocorrência da reação de decomposição e introduz-se um patamar de desgaseificação, aumentando a liberação de gás (SILVA, 2004).

Através de inspeção visual das amostras, observou-se uma variação de cor entre amostras com e sem adição de lodo e entre os tratamentos (ver Figura 3), sendo as cores mais pronunciadas nas amostras com LIN e LUP.

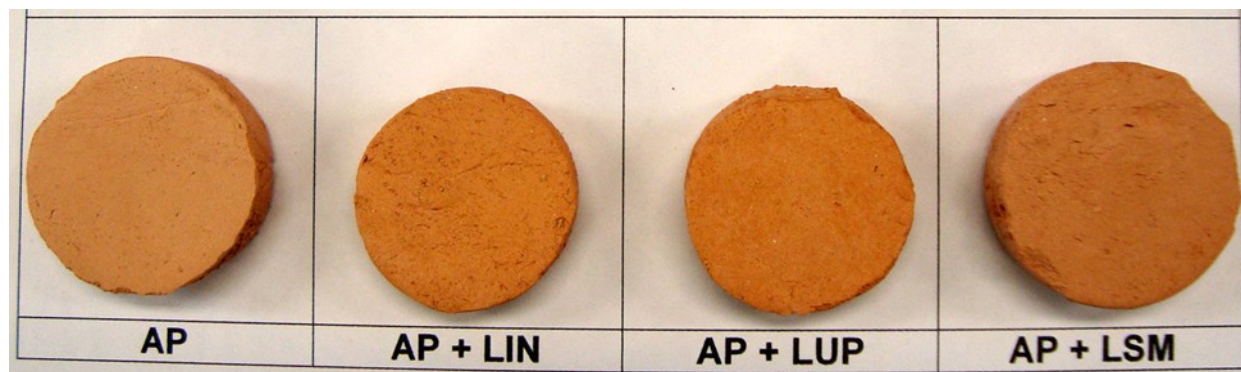


Figura 3 - Amostras sinterizadas das massas cerâmicas confeccionadas.

Ainda na inspeção visual, notou-se uma redução diametral mais expressiva nas amostras confeccionadas com LIN e LUP (ver Figura 3). Isso se deve ao fato de que, em ambos os casos, o lodo se apresentava com elevado teor de umidade, acarretando em um maior volume de água na composição das massas e, por conseguinte, nas amostras.

Análise das características físicas de peças cerâmicas com lodo

Na Tabela 2, são apresentados os resultados médios de porosidade aparente e absorção de água obtidos para as amostras confeccionadas com as 2 massas cerâmicas produzidas.

Tabela 2 - Porosidade aparente e absorção de água médias das amostras.

Composição da massa cerâmica	Porcentagem de lodo (%)	Porosidade aparente (%)	Absorção de água (%)
AP + LSM	12	35,16	21,23
	15	36,53	22,43

Analisando comparativamente as médias de porosidade aparente e de absorção de água das amostras com 12 e 15% de LSM, verifica-se uma pequena diferença entre os valores das duas composições, indicando desempenho similar, embora ligeiramente melhor com a adição de 12%. Segundo a artista plástica, estes são valores aceitáveis para aplicação em cerâmica artística.

Observando as Tabelas 1 e 2, identifica-se uma diferença entre a média de porosidade aparente para AP + LSM 15%: na Tabela 1 é apresentado um valor menor (27,72%) que na Tabela 2 (36,53%). Isso decorre da forma de confecção das peças, uma vez que as amostras cujo resultado é apresentado na Tabela 1 sofreram uma leve compressão da massa cerâmica na sua modelagem, o que acarreta diminuição da porosidade.

Na Tabela 3, são apresentados os resultados médios de contração linear obtidos para as amostras confeccionadas com as 2 massas cerâmicas produzidas.

Tabela 3 - Contração linear das massas cerâmicas.

Composição da massa cerâmica	Porcentagem de lodo (%)	Contração linear (%)
------------------------------	-------------------------	----------------------

AP + LSM	12	11,00
	15	8,00

De acordo com recomendações técnicas de fabricação de cerâmica vermelha, a somatória da contração linear de secagem mais a de sinterização não deve ultrapassar 15%, sendo a faixa ideal de 2 a 8% (SANTOS, 1989 apud TARTARI, 2008). Segundo os resultados obtidos neste experimento, tem-se que as amostras com 12 e 15% de LSM estão de acordo com o padrão técnico de contração linear máxima de 15%, sendo que as amostras com incorporação de 15% de LSM apresentaram contração linear dentro da faixa ideal.

Na inspeção visual, não foram identificados defeitos nas peças confeccionadas, confirmando a eficiência do tratamento do lodo - LSM. Na Figura 4 é apresentada uma das peças produzidas nesta etapa (AP + LSM 15%), permitindo uma comparação com a peça mostrada na Figura 2 (AP + LIN 15%).



Figura 4 - Amostra sinterizada confeccionada com massa cerâmica com incorporação de 15% de lodo seco e moído.

CONCLUSÕES

Neste trabalho, constatou-se que é possível incorporar lodo de ETA à massa cerâmica para a fabricação de artefatos artísticos. Entretanto, o lodo deve ser submetido a tratamento prévio, uma vez que o lodo *in natura* favorece a ocorrência de defeitos nas peças sinterizadas.

O método de beneficiamento para adequar o uso do lodo à cerâmica artística consiste na secagem e moagem deste, sendo possível, desta forma, incorporar à massa cerâmica 15% de lodo sem prejuízos das características de interesse de peças artísticas.

Identificou-se que a incorporação de lodo à massa cerâmica confere uma coloração diferenciada às peças sinterizadas em comparação com peças produzidas sem a adição de lodo, o que pode ser explorado no uso artesanal.

As informações obtidas neste estudo serão repassadas à equipe técnica do Projeto Ñandeva e serão divulgadas nos cursos promovidos pela mesma. Com isso, o uso de lodo de ETA em peças cerâmicas promoverá a redução do consumo de argila, agregará valor a um resíduo e possibilitará uma publicidade positiva e ecologicamente correta para os produtos cerâmicos do Ñandeva, artistas plásticos e artesãos associados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Sanepar, ao Laboratório de Tecnologia do Concreto de Itaipu, ao Parque Tecnológico Itaipu e à equipe do Projeto Ñandeva, em especial à artista plástica Maria Cheung.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 15310**: componentes cerâmicos – telhas – terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 47 p.

ANDREOLI, C.V. **Resíduos sólidos do saneamento**: processamento, reciclagem e disposição final. Rio de Janeiro: RiMa, ABES, 2001. 282 p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.

NÃNDEVA. Disponível em: http://www.nandeva.org/home_new/programa.php?idMenu=2. Acesso em: 19 mar. 2010.

PORTELLA, K.F.; ANDREOLI, C.V.; HOPPEN, C.; SALES, A. BARON, O. Caracterização físico-química do lodo centrifugado da estação de tratamento de água Passaúna - Curitiba - PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA AMBIENTAL, 22, 2003, Joinville. **Anais...** Joinville: ABES, 2003.

SANTOS, P. de S. **Tecnologia de argilas**. São Paulo: Edgar Blücher, Editora da USP, 1975. 2 v.

SILVA, R.C. da. **Obtenção e caracterização de vidrados contendo resíduos industriais**. 2004. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Materiais) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.

TARTARI, R. **Incorporação de lodo gerado na estação de tratamento de água Tamanduá, como aditivo em massa para cerâmica vermelha**. 2008. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo.