

Utilização de lodo das Estações de Tratamento de Água na produção de elementos cerâmicos

Carolina Kitzinger Dannemann Nunes
Centro Universitário de Patos de Minas – Brasil
carolinakd@unipam.edu.br

Leticia Martins Marques
Centro Universitário de Patos de Minas – Brasil
leticiamm@unipam.edu.br

Ana Clara Ramos Pereira
Centro Universitário de Patos de Minas – Brasil
anaramos@unipam.edu.br

Valeika Carminati
Centro Universitário de Patos de Minas – Brasil
valeika@unipam.edu.br

ABSTRACT

This work presents the experimental analysis of the use of sludge from the Water Treatment Station (ETA) of the municipality of Patos de Minas in the manufacture of red ceramic elements, because it is a residue produced from water treatment. In this sense, due to the lack of processes to reuse this material and aiming at an environmentally correct destination, once it is considered a problem and a challenge for professionals in the environmental and sanitary area, we seek to evaluate the application in ceramic elements, with the objective of commercializing this material that until then is discarded. For the following determination, the compression tests and the water absorption index were performed, and it was verified that the samples of 10% to 40% sludge substitution presented recommended results according to ABNT NBR 15270-2 (2017), with emphasis on the percentage of 30% that presented a compressive strength of 3.59 MPa and an absorption index of 9.34%. Therefore, samples above 50% did not present acceptable results according to the normative definitions, and their use in ceramic elements is not recommended.

Keywords: Sludge; Clay; Ceramic elements.

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento populacional diversos profissionais veem a necessidade de estudar seus reflexos na economia e no meio ambiente. Todos os dias toneladas de resíduos são produzidos mundialmente, sendo que, a destinação final e o tratamento destes não são realizados corretamente. Segundo a VG Resíduos (2017), 42% dos mesmos tem destinação final inadequada, devido a isso, Ferreira *et al.* (2001) elucidam que uma série de problemas podem ocorrer, como a contaminação da população e a degradação do solo e recursos hídricos.

De acordo com a ABNT NBR 10004 (2004) os resíduos sólidos são aqueles que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Nesta definição estão inclusos os lodos provenientes dos sistemas de tratamento de água. Segundo Oliveira (2014) as Estações de Tratamento de Água (ETA's) produzem através de coagulação, flocos de material agregado a partir da introdução de sais de ferro e alumínio. O lodo

formado pela reunião desses flocos é removido da produção e é retido nos decantadores, sendo que, conforme Hoppen *et al.* (2005) representa cerca de 0,3 a 1,0% do volume total de água tratada. Em seguida, o mesmo, é descartado nos rios por algumas Estações de Tratamento de Água necessitando de um tratamento posteriormente para esta água quando novamente coletada. Andreoli *et al.* (2001) esclarecem que sua toxicidade depende, principalmente, das características da água bruta, dos produtos químicos utilizados no tratamento e das reações ocorridas no processo.

No Brasil, conforme Teixeira *et al.* (2006), o volume gerado desta substância é enorme, sendo que, somente o estado de São Paulo produz aproximadamente 30.000 toneladas/ano. Visando a destinação inadequada deste material esta pesquisa se justifica através da verificação de sua aptidão na construção civil para produção de elementos cerâmicos, haja vista que, conforme Gervasoni (2014) *apud* Megda *et al.* (2005) os mesmos apresentam propriedades físicas e químicas próximas da argila natural utilizadas na produção destes materiais, não obstante Tartari (2010) explicita que além disso possuem natureza heterogênea e não apresentam grande variação física, química e mineralógica, sendo assim, uma possível solução para uma destinação ambientalmente correta.

2. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta pesquisa consiste na determinação das propriedades físicas e mecânicas de corpos de prova cerâmicos fabricados a partir da adição de resíduos provenientes das ETAs (lodo), comparado à amostras cerâmicas convencionais, as quais utilizam a argila em sua composição. Dessa forma, pretende-se avaliar as proporções mais viáveis para uma possível substituição de argila por lodo da ETA.

2.1 Objetivos específicos

- Determinar as propriedades mecânicas através do ensaio de compressão para verificar a resistência dos corpos de prova fabricados a partir da substituição de argila por lodo da ETA;
- Avaliar as propriedades físicas através do índice de absorção das amostras comparando-as com os parâmetros normativos;
- Comparar a aplicação do lodo em diferentes percentuais em corpos de prova para análise de possível substituição na produção de elementos cerâmicos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia desta pesquisa está embasada em um estudo experimental, cujo objetivo é determinar as propriedades físicas e mecânicas dos blocos cerâmicos através da substituição da argila convencional pelos resíduos gerados nas ETA's (lodo). Assim, o procedimento metodológico será dividido no estudo da resistência mecânica através do ensaio de compressão e das propriedades físicas através do índice de absorção de água.

Para a preparação dos corpos de prova será utilizado argila convencional e o lodo nas devidas proporções conforme esclarece a Tabela 1. Além do mais, está especificado o número de amostras para cada ensaio de acordo com o percentual de substituição.

Tabela 1 – Número de amostras por percentual de substituição de lodo

Ensaio	Argila 100%	Lodo 10%	Lodo 20%	Lodo 30%	Lodo 40%	Lodo 50%	Lodo 60%	Lodo 70%	Lodo 80%	Lodo 90%	Lodo 100%
Resistência à compressão	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Absorção	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Fonte: Autores, 2018.

Deve-se ressaltar que a substituição da argila pelo lodo gerado na ETA será realizada em função da massa dos materiais, ou seja, será identificada a proporção da massa da argila, e a quantidade de substituição de lodo dar-se-á pela massa proporcional de lodo. Outro ponto que merece destaque é que o lote das amostras para os ensaios de caracterização física é o mesmo para o ensaio de caracterização mecânica.

3.1 Obtenção dos materiais

Os materiais obtidos para a pesquisa foram a argila e o lodo proveniente da ETA, sendo que, o primeiro foi coletado na Cerâmica Trevo em uma massa total de 15 quilos, enquanto que o segundo foi obtido na Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), na mesma proporção mássica. Deve-se ressaltar que todos os materiais são provenientes do município de Patos de Minas.

3.2 Preparação das amostras

As amostras utilizadas para a aplicação nos ensaios seguiram as proporções mostradas na Tabela 2, de forma que, a amostra padrão corresponde ao elemento de controle, ou seja, é composta apenas por argila. Isto se justifica pelo fato que os elementos da cerâmica vermelha são produzidos exclusivamente por este material, contudo, se trata de uma substância de origem mineral, que em algumas regiões não são encontradas com facilidade. Em contrapartida, o lodo é um resíduo gerado através do processo de tratamento da água, sendo um agravante ambiental, pois, são depositados em reservatórios (decantadores) que devem ser limpos periodicamente, desta forma, há um gasto excessivo de água, para a limpeza destas unidades, como demonstra a Figura 1, sendo que após este processo, o mesmo retorna para os rios e passará pelo mesmo processo quando a água for novamente coletada pela Companhia.

Tabela 2. Proporção de materiais utilizados nas amostras

Materiais	Amostras										
	Padrão (g)	10% (g)	20% (g)	30% (g)	40% (g)	50% (g)	60% (g)	70% (g)	80% (g)	90% (g)	100% (g)
Argila	2336	2102,4	1868,8	1635,2	1401,6	1168	934,4	700,8	467,2	233,6	0
Lodo	0	233,6	467,2	700,8	934,4	1168	1401,6	1635,2	1868,8	2102,4	2336
Observações	*	**	***								

* Foram adicionados 450 ml de água para controle de umidade;

** Foram adicionados 300 ml de água para controle de umidade;

*** Foram adicionados 250 ml de água para controle de umidade;

Fonte: Autores, 2018.

Figura 1. Limpeza de um decantador



Fonte: SAE, 2013.

Como observa-se, as proporções foram todas realizadas através da massa de argila em função da substituição do lodo. Deve-se salientar que nas amostras padrão de argila, 10% e 20% de substituição por lodo, foi necessário o acréscimo de água para que os corpos de prova apresentassem coesão para moldagem. Esta verificação foi realizada por meio de análise tátil-visual.

Para a moldagem dos corpos de prova foram utilizados os moldes cilíndricos com 50 mm de diâmetro interno e altura de 100 mm, conforme especifica a ABNT NBR 7215 (1996). Posteriormente, foram colocados em cura por 48 horas em temperatura ambiente (23°C) para que em seguida fossem desenformados, conforme a Figura 2a, e assim, levados para queima em forno à 950°C, conforme a Figura 2b.

Figura 2. (a) Preparação dos corpos de prova e (b) Queima dos corpos de prova.



Fonte: Autores, 2018.

3.3 Propriedades físicas

O índice de absorção inicial é de grande relevância, pois, através deste procedimento é possível identificar a ascensão capilar da água presente nos poros dos blocos cerâmicos, as quais podem gerar manifestações patológicas. Portanto, para esta determinação foram adotados os procedimentos conforme o Anexo D da ABNT NBR 15270-2 (2017), em que o índice de absorção d'água inicial (AA) de cada corpo de prova é determinado pela Equação 1:

$$AA(\%) = \frac{mu - ms}{ms} \cdot 100 \quad (1)$$

sendo que mu e ms , respectivamente, representam a massa úmida e a massa seca expressa em gramas.

Contanto, a Figura 3a ilustra a determinação da massa seca e a Figura 3b a aferição do índice de absorção.

Figura 3. (a) Aferição da massa seca e (b) Ensaio índice de absorção.



Fonte: Autores, 2018.

3.4 Propriedades mecânicas

Para verificar a capacidade mecânica das amostras foram realizados os ensaios de resistência à compressão, de acordo com a ABNT NBR 15270-2 (2017). Deve-se ressaltar que esta norma foi adotada como referência pelo fato de não haver norma específica para os ensaios de corpos de prova com lodo da ETA. A Figura 4 ilustra o procedimento experimental realizado na Prensa Universal EMIC.

Figura 4 – Ensaio de compressão



Fonte: Autores, 2018.

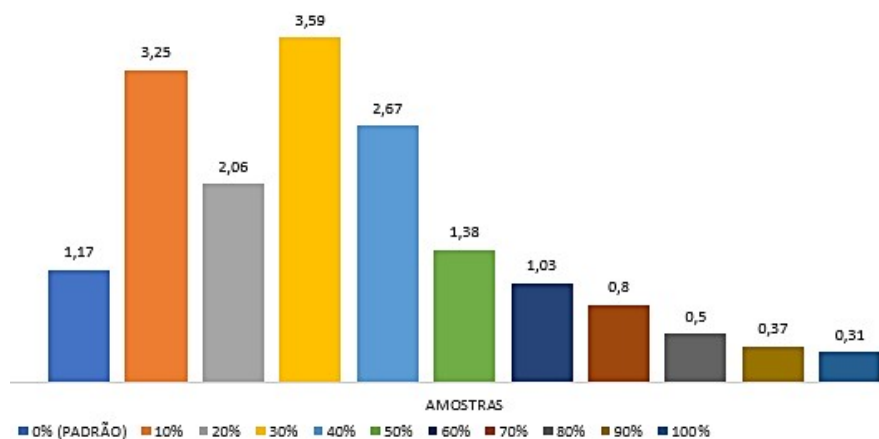
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados desta pesquisa foram obtidos através de uma análise quantitativa com base em procedimentos experimentais, onde, inicialmente foi proposto avaliar a resistência mecânica através do ensaio de compressão e posteriormente o índice de absorção, ambos descritos de acordo com a normativa ABNT NBR 15270-2 (2017), a qual determina os métodos de ensaio para componentes cerâmicos vermelhos.

4.1 Ensaio de compressão

De acordo com o ensaio de compressão realizado, foram obtidos os resultados apresentados no Gráfico 1 a seguir. Ressalta-se que a proporção de 30% apresentou melhor comportamento mecânico, uma vez que, ao se adicionar o lodo, a sua resistência sofre influência direta.

Gráfico 1 – Resultados do ensaio de compressão
Tensão de Ruptura dos corpos de prova (MPa)



Fonte: Autores, 2018.

Como observado, a partir da proporção de 40% houve uma redução na resistência mecânica, e dessa forma, conclui-se que para utilização em blocos cerâmicos a parcela de lodo acima dessa proporção citada não é recomendável. Contudo, a proporção de 50% apresentou resultado superior em 17,95% comparado com a amostra padrão, porém, ambas não atingiram a resistência mínima de 1,50 MPa, conforme especifica a ABNT NBR 15270-2 (2017) para blocos cerâmicos utilizados com furos na horizontal.

Não obstante, foi possível observar que as proporções de 10% a 40% foram superiores a amostra padrão de argila, devendo-se destacar as amostras de 10% e 30% que foram as que apresentaram maior resistência mecânica. Ademais, deve-se salientar que ambas as amostras atendem aos requisitos de resistência especificados pela ABNT NBR 15270 (2017). Sobretudo, a amostra de 20% também atendeu à norma de referência, entretanto, foi inferior em 36,62% em relação a amostra de 10% e 74,27% em relação a amostra de 30%, sendo esta a que apresentou melhor resultado. Todavia, esta redução poderá ter sido causada pela descaracterização do material no processo da queima.

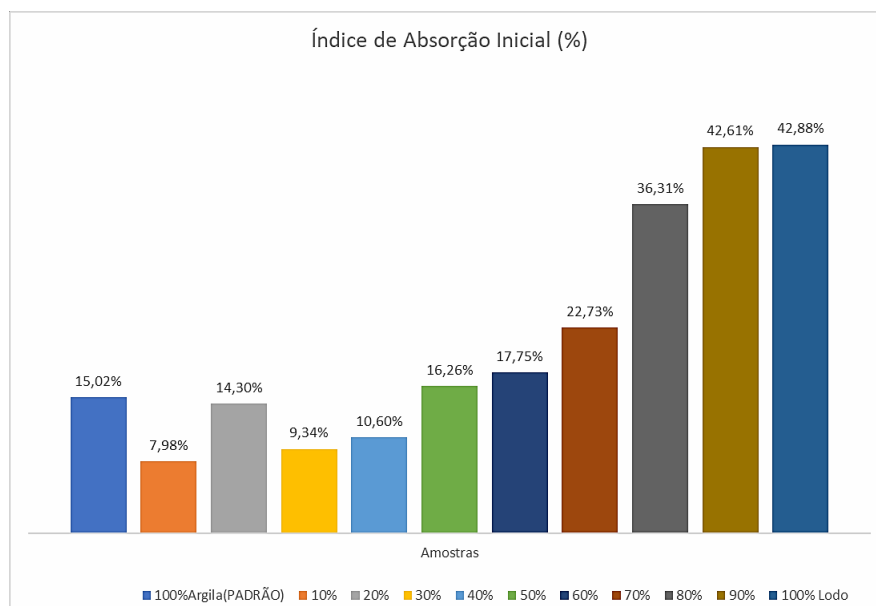
Conforme o estudo realizado por Oliveira (2014) utilizando o lodo do mesmo local, observa-se que a substituição em 10% atingiu uma resistência média 2,52 MPa, enquanto que, nesta pesquisa obteve-se uma tensão média de 3,25 MPa, resultando em uma variação de 28,97% e desta forma, pode-se

concluir que nestas proporções é viável sua utilização na produção de blocos cerâmicos.

4.2 Índice de absorção

Através do ensaio de absorção realizado foram obtidos os resultados apresentados no Gráfico 2 a seguir, salientando-se que, a proporção de 30% apresentou o índice de absorção mais favorável conforme os critérios normativos.

Gráfico 2 – Resultados do ensaio de absorção inicial.



Fonte: Autores, 2018.

Segundo a ABNT NBR 15270-2 (2017) o índice de absorção d'água não deve ser inferior a 8% e nem superior a 22%, observando-se que a partir da proporção de 70% de substituição de lodo, os resultados não atenderam a norma especificada. Dessa forma, para a aplicação em elementos cerâmicos não é recomendável a utilização das proporções citadas.

Por sua vez, as proporções abaixo de 60% de substituição de lodo atenderam as especificações definidas pela normativa de referência, exceto a proporção de 10% que possui uma variação de 0,25% em relação ao mínimo considerado por norma, sendo um valor que pode ser desconsiderado pois podem existir variações no ensaio.

4.3 Correlação entre ensaios

Com base nos resultados apresentados nos itens 4.1 e 4.2 é possível verificar que a amostra ideal para utilização em elementos cerâmicos é a de 30%, pois apresentou o menor índice de absorção compreendido entre os limites da norma, sendo ele de 9,34%. Outrossim, esse fato se corrobora quando se analisa a resistência mecânica, pois da mesma forma foi a amostra que apresentou resultado mais satisfatório no ensaio de compressão, atendendo os requisitos da ABNT NBR 15270-2 (2017).

Entretanto, deve-se salientar que as amostras de 20% e 40% também apresentaram resultados satisfatórios nos dois quesitos avaliados e a amostra de 10% obteve o índice de absorção de 0,2% abaixo do especificado na normativa, porém, a variação é irrisória, pois podem ter ocorrido alterações durante o ensaio, sendo então uma proporção apta para aplicação.

Deve-se ressaltar que apesar das proporções de 50% e 60% de substituição de lodo obterem resultados satisfatórios neste ensaio, o mesmo não acontece para o ensaio compressão, sendo um fator predominante para a não utilização destas proporções como elemento cerâmico. A Tabela 3 resume os resultados obtidos na pesquisa.

Tabela 3. Correlação entre os ensaios

Ensaio	Amostras										
	Padrão (g)	10% (g)	20% (g)	30% (g)	40% (g)	50% (g)	60% (g)	70% (g)	80% (g)	90% (g)	100% (g)
Compressão (MPa)	1,17	3,25	2,06	3,59	2,67	1,38	1,03	0,8	0,5	0,37	0,31
Absorção (%)	15,02	7,98	14,30	9,34	10,60	16,26	17,75	22,73	36,31	42,61	42,88

Fonte: Autores, 2018.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho foram realizados ensaios de compressão e índice de absorção inicial em amostras de acordo com a ABNT NBR 15270-2 (2017), sendo possível verificar que a proporção de 30% apresentou resultado mais satisfatório comparado com as demais proporções. Haja vista que, as amostras de 10% a 40% de substituição de lodo também apresentaram resultados recomendáveis às normas de referência, porém inferiores à amostra de 30%. Por fim, foi analisado que as amostras acima de 50% não apresentaram resultados aceitáveis para as definições normativas, de forma que não se recomenda a utilização destas proporções na fabricação de elementos cerâmicos com substituição de lodo.

Conclui-se, portanto, que a utilização do lodo na fabricação de elementos cerâmicos levando em consideração as características físicas e mecânicas, é viável nas proporções de 10% a 40% de substituição, sendo uma prática que visa a sustentabilidade e a aplicação financeira, devido a redução da quantidade de matéria natural (argila) na produção.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Análises Tecnológicas de Materiais de Construção e ao Laboratório de Ciência dos Materiais, do Centro Universitário de Patos de Minas, pelo espaço cedido para realização da pesquisa. A Cerâmica Trevo pela disponibilidade do material e pela troca de conhecimentos, a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) pelo material disponibilizado para realização da pesquisa e ao professor Me. Eduardo Pains de Moraes por todo apoio e dedicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15270-2: Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria. Parte 2: Métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2017.

_____. NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

ANDREOLI, C.V et al. Aproveitamento do lodo gerado em Estações de Tratamento de Água e Esgotos Sanitários, inclusive com a utilização de técnicas consorciadas com resíduos sólidos urbanos. Rede Cooperativa de Pesquisas, Paraná, 2001.

CALARGE. L.M.; SANTOS. I.S.S; KAZMIERCZAK. C.S.S; et al. Caracterização de resíduo industrial inorgânico para aproveitamento como matéria-prima cerâmica. Anais do 43º Congresso Brasileiro de Cerâmica e do Mercosul. Associação Nacional de Cerâmica – ABC. Florianópolis/SC. 1999.

FERREIRA, J.A.et al. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

GERVASONI. R. Caracterização e avaliação do potencial de destinação do lodo de estações de tratamento de água do estado do Paraná. 2014. 144f. (Tese de mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial) - Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2014.

HOPPEN. C. Co-disposição de lodo centrifugado de Estação de Tratamento de Água (ETA) em matriz de concreto: método alternativo de preservação ambiental. 2005. 11f. Centro Politécnico, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2005.

OLIVEIRA. J. S. Utilização de lodo de estações de tratamento de água de Patos de Minas – MG para produção de blocos cerâmicos. 2004. 30f. (Monografia em Engenharia Química) – Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba, 2004.

PAIXÃO.L.C.C.; YOSHIMURA. H.N.; ESPINOSA. D.C.R.; TENORIO. J.A.S. Efeito da incorporação de lodo de ETA contendo alto teor de ferro em cerâmica argilosa. Rede Temática em Engenharia de Materiais CETEC-UFOP-UEMG, Ouro Preto, Minas Gerais; Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de S. Paulo S.A. – IPT, São Paulo, SP; Escola Politécnica da USP, São Paulo, SP. 14 f. 2008.

SAE. Servidores realizam limpeza de decantadores. Disponível em: < <http://www.sae-ourinhos.com.br/Servidores-realizam-limpeza-de-decantadores-/88/n/>>. Acesso em: 16 de jun. 2018.

SANTOS. I.S.S.dos.; SILVA. H.C.; KERN. A.P.; et al. Incorporação do resíduo (lodo) da ETA de São Leopoldo - RS nas misturas de argilas para a fabricação de componentes cerâmicos conformados por prensagem. 2001. Anais do 45º Congresso Brasileiro de Cerâmica e do Mercosul. Associação Nacional de Cerâmica – ABC. Florianópolis, Santa Catarina. 2001.

TARTARI. R. et al. Lodo gerado na estação de tratamento de água Tamanduá, Foz do Iguaçu, PR, como aditivo em argilas para cerâmica vermelha. 2008. 125 f. (Tese de mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, 2008.

TEIXEIRA. S.R. et al. Efeito da adição de lodo de estação de tratamento de água (ETA) nas propriedades de material cerâmico estrutural. 2006. 6f. Universidade Estadual Paulista - UNESP, Presidente Prudente, São Paulo, 2006.

TEIXEIRA. S.R.; SOUZA. S.A; SOUZA. N.R.; JOB.A.E.; et al. Caracterização de resíduo de estações de tratamento de água (ETA) e de esgoto (ETE) e o estudo da viabilidade de seu uso pela indústria cerâmica. 2002. Anais do XXVIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Cancún, 2002.

VG RESÍDUOS. Impactos da má gestão dos resíduos sólidos. 2017. Disponível em: <<https://www.vgresiduos.com.br/blog/impactos-da-ma-gestao-dos-residuos-solidos>>. Acesso em: 01



Sustentabilidade Urbana

14ª Jornada Urbanere e 2ª Jornada Cires



jun. 2018.

VIEIRA, C.M.F.; MARGEM, J.I.; MONTEIRO.S.N.; Alterações microestruturais de cerâmica argilosa incorporada com lodo de ETA. Universidade Estadual do Norte Fluminense LAMAV/CCT/UENF. 2008. 7f. Rio de Janeiro, RJ.