

Arquitetura sustentável: utilização de lodo das estações de tratamento de água na produção de telhas cerâmicas

Sustainable architecture: use of sludge from water treatment stations in the production of ceramic roof tiles

Carolina Kitzinger Dannemann Nunes

Graduanda do curso de Arquitetura e Urbanismo (UNIPAM)

E-mail: carolinakd@unipam.edu.br

Eduardo Pains de Moraes

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: eduardopm@unipam.edu.br

Resumo: Este trabalho apresenta uma análise experimental do uso do lodo de Estação de Tratamento de Água (ETA) como elemento de substituição da argila para a fabricação de telhas cerâmicas, uma vez que o material residual possui características físicas semelhantes à argila. Diante do exposto, foram propostas quatro variações de percentual do lodo em relação à massa de argila, sendo 10%, 20%, 30% e 40%. Através das misturas, buscou-se avaliar o índice de absorção conforme ABNT NBR 15310 (2009) e as resistências à compressão e tração na flexão através de corpos de prova prismáticos. Nesses dois últimos ensaios, optou-se pela carga de ruptura a três pontos para atender o critério da ABNT NBR 13279 (2005). Diante dos resultados apresentados, percebeu-se uma relação inversa entre o comportamento da absorção com as resistências, em que a amostra de 10% tem uma redução na absorção de 41% em relação à amostra de 40% de lodo, enquanto a resistência à compressão e a tração na flexão apresentaram um acréscimo de 50% e 71%, respectivamente. Com base no exposto, foi possível perceber que é relevante controlar a porosidade do material, pois implica diretamente na absorção. Além do mais, a mistura de 10% apresentou os melhores resultados nesta pesquisa.

Palavras-chave: Lodo. Argila. Uso alternativo. Elementos cerâmicos.

Abstract: This work presents an experimental analysis of the use of sludge from the Water Treatment Station (ETA) as a substitute element for clay for the manufacture of ceramic tiles, since the residual material has physical characteristics similar to clay. In view of the above, four variations of sludge percentage in relation to clay mass have been proposed, 10%, 20%, 30% and 40%. Through the mixtures, we sought to evaluate the absorption index according to ABNT NBR 15310 (2009) and the resistance to compression and traction in flexion through prismatic specimens. In these last two tests, the rupture load at three points was chosen to meet the criteria of ABNT NBR 13279 (2005). In view of the results presented, it was noticed an inverse relationship between the absorption behavior with the resistances, in which the 10% sample has a 41% absorption reduction in relation to the 40% sludge sample, while the compressive strength and flexion traction increased by 50% and 71%, respectively. Based on the above, it was possible to

realize that it is relevant to control the porosity of the material, as it directly implies absorption. Furthermore, the 10% mixture showed the best results in this research.

Keywords: Sludge. Clay. Alternative use. Ceramic elements.

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A Revolução Industrial, após a primeira metade do século XVIII, foi responsável por mudar significativamente a concepção de cidade. O grande adensamento urbano fez surgir diversos problemas, entre eles os ambientais, os quais fazem parte da pauta de vários estudos e discussões. Diariamente, toneladas de resíduos são produzidas mundialmente, sendo que grande parte deles não possuem destinação final e tratamento adequado.

Conforme estudo realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2017), 214.868 toneladas de resíduos são produzidas por dia no Brasil, sendo que 18.818 toneladas não possuem destinação apropriada. De acordo com a ABNT NBR 10.004 (2004), os resíduos sólidos urbanos englobam os resíduos domiciliares, agrícolas, industriais, resíduos de limpeza urbana, quais sejam os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas, bem como de outros serviços, como o lodo proveniente de Sistemas de Tratamento de Água.

O lodo, segundo Richer (2009), é produzido na fase de coagulação do tratamento de água, em que são adicionados produtos químicos, os quais desestabilizam as suspensões coloidais de partículas sólidas que se encontram na água bruta; sendo assim, são formados flocos que, ao passarem pelo processo de decantação, sedimentam-se e ficam retidos no fundo dos decantadores. Um dos grandes problemas que as ETAs enfrentam é a disposição final desse material, pois, de acordo com Hoppen *et al.* (2005), representa cerca de 0,3 a 1,0% do volume total de água tratada; há dificuldade no tratamento e disposição final correta devido ao grande volume produzido.

Ainda hoje a maioria das ETAs lança diretamente seus lodos nos corpos d'água mais próximos. O setor de saneamento ambiental precisa ter uma visão mais abrangente do sistema de tratamento de água. Atualmente ela é horizontal; há tendência internacional para se reduzir a quantidade de lodo produzido nas ETAs; o restante deve ser reciclado ou reusado e somente o que não puder ser aproveitado deve ser disposto (IE/SP, 2008).

Tendo em vista a destinação inadequada, esta pesquisa se justifica devido ao lodo, conforme Gervasoni (2014, *apud* MEGDA *et al.*, 2005) possuir características físicas próximas às da argila; sendo assim, visa a empregá-lo diretamente na construção civil, haja vista que a argila é um recurso natural não renovável utilizada em materiais da cerâmica vermelha. Portanto, tal prática visa a reduzir os impactos ambientais, possuindo, como vantagem, a diminuição do consumo de argila e uma possível solução ambientalmente correta para a destinação final do lodo.

O objetivo geral desta pesquisa consiste na determinação das propriedades físicas e mecânicas de elementos cerâmicos fabricadas com adição de lodo proveniente ETAs comparado com elementos convencionais utilizados na construção civil. Diante disso, pretende-se verificar a aptidão da mistura argilosa para o uso como elemento de cobertura em edificações e assim avaliar uma possível substituição de argila por lodo da ETA na fabricação desse material. Como objetivos específicos, busca-se determinar as propriedades físicas e mecânicas dos materiais fabricados com substituição de argila por lodo da ETA; analisar o comportamento mecânico do lodo quando ocorre a união com a argila; realizar um comparativo dos elementos compostos por 100% argila com os produzidos com diferentes percentuais de lodo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A água é um dos recursos naturais mais importantes para a população e para garantir o bem-estar dos habitantes quanto à qualidade de vida e saúde pública. Precisa-se ter um sistema de abastecimento e tratamento de água potável e de efluentes, a fim de aproveitar corretamente os recursos hídricos (GRASSI, 2001). As ETAs no Brasil, segundo Pereira (2011), em sua maioria, possuem sistema de tratamento convencional com ciclo completo, ou seja, são constituídas de unidades de mistura rápida, flocuradores, decantadores ou flotadores, unidades de desinfecção e unidades de correção de pH.

Os resíduos provenientes do tratamento de água são conhecidos como lodo e são produzidos na etapa de coagulação, em que há adição de um agente coagulante, usualmente o sulfato de alumínio (FERREIRA *et al.*, 2009). Essa atividade produz uma grande quantidade de resíduos, os quais, no processo de decantação, separam-se da água e sedimentam-se no fundo dos tanques. Devido a esse processo, por ano são produzidos 4 milhões de toneladas de lodo no Brasil (SILVA, 2011); ademais, Hoppen *et al.* (2005), concluem que uma ETA convencional com capacidade de tratamento de 2400l/s consegue produzir 1,8t/dia de lodo.

Países como Taiwan (República Ocidental da China), na tentativa de controlar os grandes volumes descartados pelas ETAs realizam a incineração desses resíduos para reduzirem os seus pesos e volumes (WANG *et al.*, 2005). Já no Brasil, conforme Katayama (2012), tem-se a disposição final em aterros sanitários, além de aplicação em solos para controle do pH. Todavia, grande parte do lodo gerado ainda é disposta em cursos hídricos; Di Bernardo (2012) confirma que 67,4% dos municípios brasileiros despejam os resíduos em rios, geralmente sem qualquer tipo de tratamento. Esse processo de descarte pode alterar consideravelmente as características das águas do corpo receptor, provocando assoreamento e mudança na cor, turbidez e composição química, além da possibilidade de contaminação do lençol freático (REIS *et al.*, 2007).

Outro fator de destaque é que os decantadores em que ficam retidos os resíduos necessitam de limpeza constante dos filtros; sendo assim, de acordo com Usepa (2000), os filtros são geralmente lavados com água limpa, necessitando de uma grande vazão

para liberar o material sólido retido, havendo um gasto excessivo, como demonstra a Figura 1.

Figura 1 — Limpeza de um decantador



Fonte: SAAE, 2014.

Em consonância com Reali (1999), se se considerar que milhões de toneladas desses resíduos são dispostos anualmente no ambiente, pode-se classificar os lodos formados como um subproduto com potencial poluidor, devido a seus efeitos químicos, físicos e biológicos. A utilização benéfica do lodo pode ser considerada uma oportunidade de redução de custos e impactos ambientais associados a esse resíduo (HOPPEN *et al.*, 2006). Entre as alternativas utilizadas para o seu aproveitamento, pode-se destacar o emprego desse material na construção civil (FERREIRA *et al.* 2009), mais especificamente na incorporação em elementos da cerâmica vermelha, a fim de reduzir o impacto ambiental e trazer vantagens como a diminuição do consumo da matriz principal, a argila.

A argila é a matéria-prima bruta utilizada na produção de cerâmica vermelha e é comumente encontrada na natureza. Por outro lado, a forte demanda no setor de construção civil tem exigido cada vez mais o aumento na produção de produtos, sendo isso uma consequência direta dessa situação, pois há um aumento significativo na extração e no consumo de argilas pelo setor. Ceratec (1998) elucida que as propriedades químicas e físicas do lodo são similares às da argila natural. Tartari *et al* (2011) explicitam que, além disso, possui natureza heterogênea e não apresenta grande variação física, química e mineralógica.

3 METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa está embasada em três etapas de estudo, que são subdivididas conforme as atividades necessárias para atender o objetivo proposto. A primeira etapa está relacionada com a moldagem e substituição de argila por lodo em

corpos de prova. A segunda etapa baseia-se nos ensaios para a verificação da resistência à compressão, da tensão através do ensaio de flexão a três pontos e a absorção inicial. Por fim, na terceira etapa realizou-se uma comparação entre os materiais fabricados com 100% argila e os materiais com diferentes proporções de substituição de argila por lodo da ETA.

3.1 OBTENÇÃO DOS MATERIAIS

Os materiais que foram obtidos para a pesquisa são o lodo proveniente da ETA e a argila, ambos recolhidos no município de Patos de Minas (MG), uma vez que o primeiro foi coletado na Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA).

3.2 DETERMINAÇÃO DAS AMOSTRAS

O lodo empregado na pesquisa passou por um processo de secagem em estufa à 110°C por 48 horas para a retirada de sua umidade. Posteriormente, foi desaglomerado em moinhos de bola por 20 minutos. Em seguida, foi realizada a análise granulométrica de acordo com a ABNT NBR 7181 (2016) através do processo de peneiramento, sendo retiradas duas amostras de 300 gramas cada uma, com aferição da massa em balança com resolução de 0,1%; após isso, foram encaixadas as peneiras em ordem crescente da base para o topo e levadas ao agitador por cinco minutos.

Já as amostras utilizadas para a aplicação nos ensaios físicos e mecânicos seguiram as proporções mostradas na Tabela 1, de forma que a amostra padrão corresponde ao elemento de controle, ou seja, é composta apenas por argila. Isto se justifica pelo fato deste mineral ser matéria-prima na produção de elementos da cerâmica vermelha, sendo assim, as proporções foram determinadas em um intervalo de 0% a 40% de substituição de lodo por argila, pois de acordo com estudo prévio realizado por Nunes *et al* (2018), foram as proporções que obtiveram resultados satisfatórios.

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

Ensaio	Argila 100%	Lodo 10%	Lodo 20%	Lodo 30%	Lodo 40%
Resistência à compressão	6	6	6	6	6
Absorção	4	4	4	4	4

Fonte: Dados da pesquisa, 2019

Deve-se ressaltar que a substituição de lodo da ETA por argila se dá em finalidade da massa dos materiais, ou seja, é identificada a massa da argila, e a quantidade de lodo se dá proporcionalmente. Além disso, os corpos de prova foram moldados de acordo a ABNT NBR 7215 (2019) em moldes prismáticos, com dimensões de 40 milímetros x 40 milímetros x 160 milímetros, através de análise tátil-visual, conforme a Figura 02.

Figura 2 – Corpos de prova



Fonte: Arquivos dos autores, 2019.

3.3 PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS

As propriedades físicas foram analisadas nas amostras através do ensaio de absorção inicial, a qual é de grande relevância, pois identifica a ascensão capilar da água presente nos poros dos corpos de prova, o que pode gerar manifestações patológicas. Para essa determinação, os ensaios foram realizados de acordo com o Anexo D da ABNT NBR 15270-2 (2017) para indicação da massa úmida e massa seca, em que o índice de absorção d'água inicial (AA) de cada corpo de prova é determinado pela Equação 1:

$$(1) \text{ AA}(\%) = \frac{m_u - m_s}{m_s} \cdot 100$$

Sendo que m_u e m_s , respectivamente, representam a massa úmida e a massa seca expressa em gramas.

Para analisar a capacidade mecânica das amostras, foram realizados os ensaios de resistência à compressão e tensão à flexão a três pontos, de acordo com a ABNT NBR 15270-2 (2017), como demonstra a Figura 03. Salienta-se que essa norma foi adotada como referência pelo fato de não haver norma específica para os ensaios de corpos de prova com lodo da ETA.

Figura 3 — Ensaio de resistência à compressão, realizado através da prensa Emic.



Fonte: Arquivo dos autores, 2019.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção estão elucidados os resultados experimentais da caracterização do lodo da ETA por meio das resistências à compressão e a tração na flexão, além da relação desses resultados com o índice de absorção das amostras definidas anteriormente na

metodologia desta pesquisa. Buscou-se discutir os resultados em relação com os de demais autores para qualificar a viabilidade dos ensaios descritos.

4.1 CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA

Conforme esclarecido na metodologia, o lodo foi submetido à determinação da composição granulométrica com base na ABNT NBR 7181 (2016). Foram obtidos os valores da massa específica e diâmetro máximo, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados do módulo de finura e diâmetro máximo dos agregados

Material	Massa específica (g/cm ³)	Diâmetro Máximo (μm)
Lodo	2,76	31,10

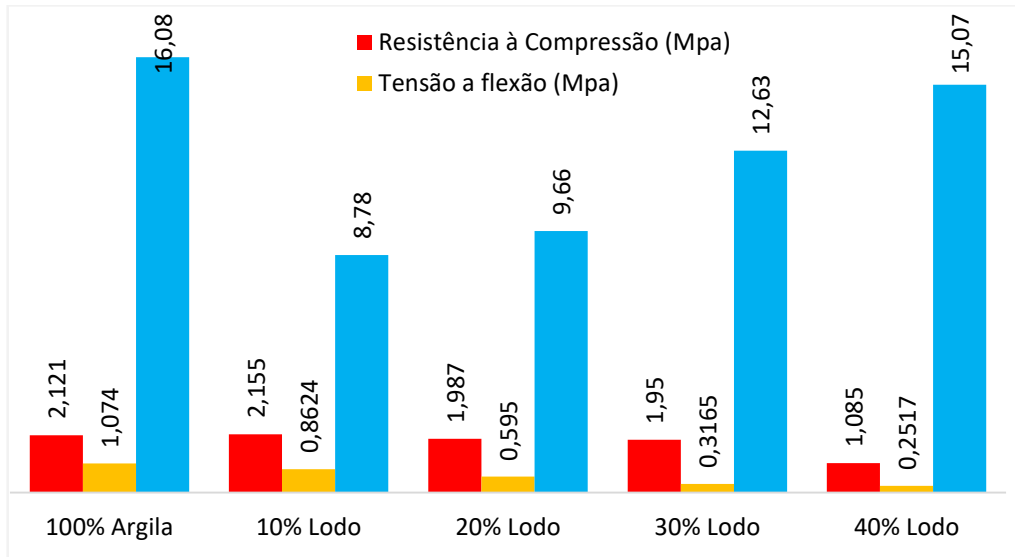
Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Conforme apresentado por Souto (2016), o diâmetro médio do lodo é de 35,12 μm; o procedimento foi realizado por granulometria a laser uma faixa de 0,10 a 500,00 μm com o material fino da concha passante da peneira 200, que justifica essa variação de 11,44%. Devido ao fato de material apresentar características distintas de uma região para a outra, essa faixa de variação é aceitável para a determinação da mistura. Nesse mesmo sentido, Souto (2016) analisou a massa específica do material trabalhado e determinou uma média de 2,90 g/cm³, resultando em uma variação de 4,82%, porém o modelo do ensaio também foi através de granulometria a laser justificando a possibilidade de variação.

4.2 CORRELAÇÃO ENTRE ABSORÇÃO INICIAL, RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E TRAÇÃO NA FLEXÃO

Posteriormente, foi analisado o índice de absorção das misturas, juntamente com as resistências à compressão e a tração na flexão, para que fosse feita a comparação com o nível máximo atendido pelas telhas cerâmicas. O Gráfico 01 apresenta os valores dos ensaios realizados. Deve-se ressaltar que a proporção das amostras adotadas nesta pesquisa foi baseada na pesquisa de Nunes (2018 *et al.*), que percebeu que, nas misturas acima de 50%, não houve resultados satisfatórios para aplicação em elementos cerâmicos, haja vista que as misturas abaixo de 40% apresentaram potencial para aplicação em elementos cerâmicos.

Gráfico 01 – Resultados dos ensaios de absorção, compressão e tração na flexão

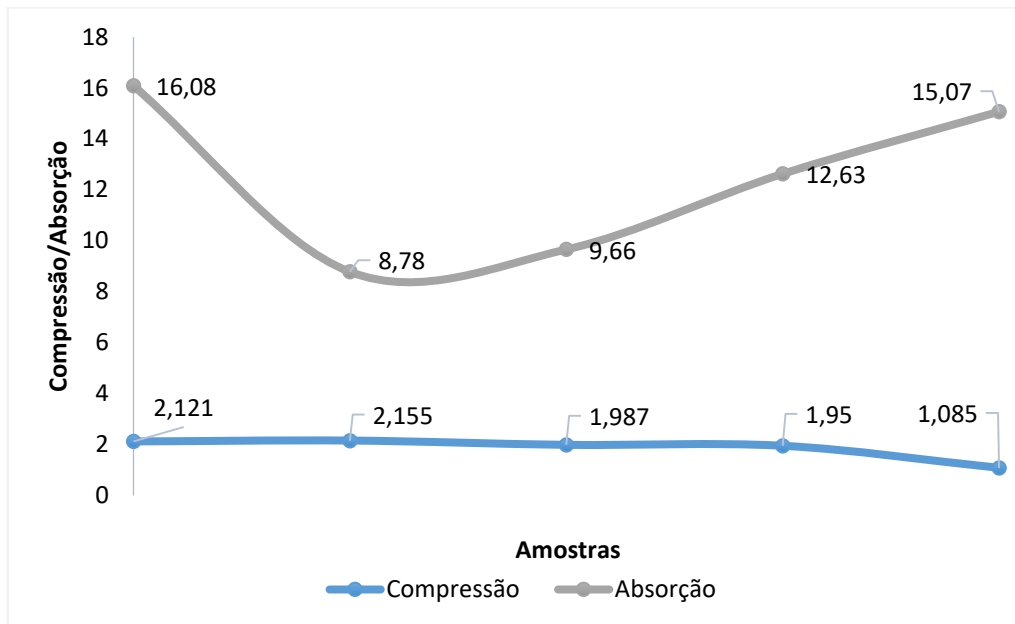


Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Percebe-se que os valores de absorção inicial atendem o critério normativo da ABNT NBR 15310 (2009), que é de 20%. Observou-se que, com uma maior proporção de lodo na mistura, o índice de absorção seguiu a mesma linha de variação, porém, mesmo com a proporção de 40%, obteve-se uma redução de 6,28% em relação à amostra padrão. Conclui-se que, em todas as porcentagens de misturas estudadas, é permitido utilizar o material na produção de telhas cerâmicas.

A absorção ou infiltração de água em excesso reduz a resistência mecânica da telha, representando um risco para a segurança do usuário, principalmente para profissionais que trabalham com o conserto de telhados. Além disso, o excesso de água aumenta a carga na estrutura de madeira que suporta as telhas, ocasionando, portanto, risco de desabamento. Nesse sentido, percebe-se que, tanto na resistência à compressão quanto na resistência à tração na flexão, à medida que a absorção reduz, a resistência mecânica aumenta gradativamente. Diante do exposto, verifica-se que, com 10% de lodo, a resistência à compressão é de 2,15 MPa, enquanto com 40% de lodo essa mesma resistência é igual a 1,08 MPa, resultando em uma variação de aproximadamente 50%, que representa um desvio padrão considerável.

Outro ponto que merece destaque é a comparação isolada do índice de absorção com a resistência à compressão das amostras estudadas nesta pesquisa, conforme apresenta o Gráfico 2. Como citado na análise fundamentada pelo Gráfico 1, percebeu-se uma relação inversa entre a resistência à compressão e a absorção inicial, exceto na amostra padrão de argila.

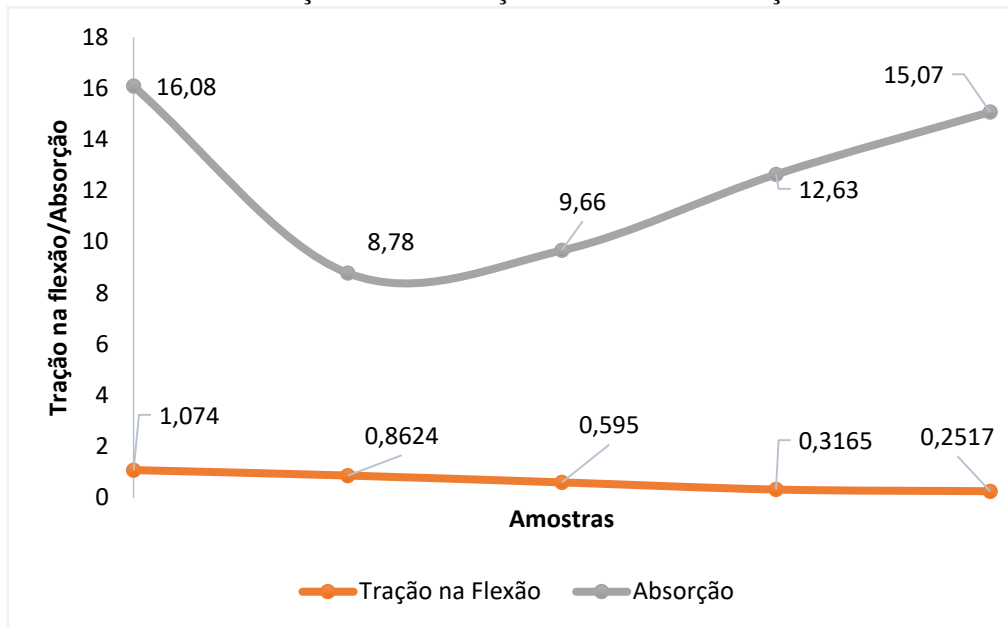
Gráfico 2 – Relação entre absorção e resistência à compressão

Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Nesta análise, a substituição de material residual, ou seja, o lodo de ETA, prejudica a resistência mecânica, mesmo que o índice de absorção seja reduzido. Esse fato pode ser visto em Paixão (2008), que estudou a adição de lodo nas misturas cerâmicas na mesma porcentagem de 10%; também houve uma redução na resistência mecânica, comparado com a amostra padrão. Uma solução apontada pelo autor foi beneficiar o lodo por meio de calcinação e moagem, antes de adicioná-lo à composição da massa cerâmica. Nessa mesma perspectiva, Waijarean *et al.* (2014) investigaram a utilização de lodo de ETA como matéria-prima fonte de aluminossilicatos para sintetizar geopolímeros. Os resultados obtidos em ensaios de resistência à compressão revelaram que o material produzido com lodo sem calcinação só desenvolveu resistência mecânica após os 60 dias de idade (0,76 MPa), pois não ocorreu a formação de geopolímero nas idades iniciais.

O mesmo caso acontece para a resistência à tração na flexão, pois, como observado no Gráfico 3, à medida que a proporção de lodo aumenta na mistura, o índice de absorção inicial também sofre uma adição, exceto na mistura padrão.

Gráfico 3 – Relação entre absorção e resistência à tração na flexão



Fonte: Dados da pesquisa, 2020

Teixeira *et al.* (2011), ao incorporarem lodo de ETA na composição de materiais cerâmicos, observaram o aumento da absorção de água e a diminuição concomitante da massa específica aparente e da resistência à flexão das amostras. Associaram esses efeitos, principalmente, à concentração elevada de matéria orgânica no lodo (29%), cuja combustão estaria aumentando a porosidade do material durante a queima. Rodrigues e Holanda (2013), ao empregarem lodo de ETA na composição de tijolos solocimento, constataram a diminuição da resistência mecânica dos corpos cimentícios. Relacionaram tal resultado, dentre outros fatores, à elevada proporção de matéria orgânica presente na amostra, de 25,85%.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na pesquisa experimental realizada, concluiu-se que a incorporação de lodos de ETA causa danos na composição da mistura, principalmente quando o produto final for utilizado como material cerâmico. Foi percebido que as misturas que apresentaram maiores taxas de adição de lodo sofreram uma queda na resistência devido à permeabilidade provocada por esse material. Ademais, mesmo com o lodo passando por todo o processo de secagem, a matéria orgânica presente na composição provoca todos os efeitos de falhas estruturais ilustrados ao longo da pesquisa. Outro ponto que merece destaque foi a análise granulométrica, pois, através desse procedimento, evidencia-se que as partículas do lodo podem ser ajustadas de acordo com os parâmetros adotados no beneficiamento da mistura. Além do mais, foi percebido que, em altas temperaturas, as misturas com a presença de lodo foram mais susceptíveis

a falhas, causando uma redução tanto na resistência à compressão quanto na resistência à tração na flexão. Com base nessa explanação, foi elucidado que a adição de lodo de ETA na argila para a fabricação de telhas cerâmicas alterou as propriedades mecânicas e físicas do produto final, porém, na mistura de 10%, é recomendável o uso na construção civil.

Os resultados obtidos neste trabalho proporcionam uma discussão quanto à utilização do lodo gerado no processo de tratamento de água. Se, devidamente beneficiado, pode ser inserido na cadeia produtiva da construção civil. Nesse sentido, sugere-se que o resíduo estudado pode ser utilizado como substituto parcial de argilas, na produção de materiais cerâmicos. Conclui-se, portanto, que lodos de ETA podem ser convertidos em matérias-primas econômica e ambientalmente sustentáveis.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Brasil produz mais lixo, mas não avança em coleta seletiva**. 2017.

Disponível em: <http://abrelpe.org.br/brasil-produz-mais-lixo-mas-nao-avanca-em-coleta-seletiva/>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10004**: Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR NM 248**: Agregados: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7215**: Cimento Portland: determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1997.

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.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15310**: componentes cerâmicos: telhas: terminologia, requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2009.

CERATEC. **Brick Making**. 1998. Disponível em: <http://www.ccex.org/tables/projects.htm>.

DI BERNARDO, L. **Métodos e técnicas de tratamento e disposição dos resíduos gerados em estações de tratamento de água**. São Carlos: LDiBe, 2012.

FERREIRA, B. S; REGO, V. B; CALIARI, P. C. Caracterização de lodo de ETA para a incorporação em concreto e fabricação de tijolos. **2º Encontro Nacional de Tecnologia Química**, Salvador, 17 jul. 2009.

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

GRASSI, M. T. As águas do planeta terra. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2001.

HOPPEN, C. *et al.* Co-disposição de lodo centrifugado de Estação de Tratamento de Água (ETA) em matriz de concreto: método alternativo de preservação ambiental. **Cerâmicas**, v. 51, p. 85 – 95, 2015. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/26326/1/S0366-69132005000200003.pdf>

HOPPEN, C. *et al.* Uso de lodo de estação de tratamento de água centrifugado em matriz de concreto de cimento portland para reduzir o impacto ambiental. 2006. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 79-84, 2006.

INSTITUTO DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO – IE/SP. Relatório de conclusões do seminário nacional sobre tratamento, usos benéficos e disposição final de lodos de Estações de Tratamento de Água. *In*: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE TRATAMENTO, USOS BENÉFICOS E DISPOSIÇÃO FINAL DE LODOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA, 2008. **Anais [...]** São Paulo, IE, 2008.

KATAYAMA, V. T. **Quantificação da produção de lodo de estações de tratamento de água de ciclo completo**: uma análise crítica. 2012. 11f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

MEGDA, C. R.; SOARES, L. V.; ACHON, C. L. Propostas de aproveitamento de lodos gerados em ETAs. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005. **Anais [...]** Rio de Janeiro, 2005.

NUNES, C. K. D.; MARQUES, L. M.; PEREIRA, A. C. R.; CARMINATI, V. Utilização de lodo das estações de tratamento de água na produção de elementos cerâmicos. SUSTENTABILIDADE URBANA, JORNADA URBENERE, 14. E JORNADA CIRES 2., **Anais [...]** Vila Velha (ES), 2018.

PAIXÃO, L. C. C., YOSHIMURA, H. N., ESPINOSA, D. C. R. *et al.*, Efeito da incorporação de lodo de ETA contendo alto teor de ferro em cerâmica argilosa, **Cerâmica**, São Paulo, v. 54, p. 63-76, 2008.

- PEREIRA, Sabrina Livia de Medeiros. **Características físicas, químicas e microbiológicas do lodo das lagoas da ETA Gramame**. 2011. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.
- REALI, M. A. P. **Projeto PROSAB: noções gerais de tratamento e disposição final de estações de tratamento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.
- REIS, E. L.; COTRIM, M. E. B.; RODRIGUES, C.; PIRES, M. A. F.; BELTRAME FILHO, O.; ROCHA, S. M.; CUTOLO, S. A. Identificação da influência do descarte de lodo de estações de tratamento de água. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 30, p. 865-872, 2007.
- RICHER, C. A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Blucher, 2009.
- RODRIGUES, L.P., HOLANDA, J.N.F. Influência da incorporação de lodo de estação de tratamento de água (ETA) nas propriedades tecnológicas de tijolos solo-cimento, **Cerâmica**, São Paulo, v. 59, p. 551-556, 2013.
- SAAE Guanhães. **Unidade de Tratamento de Resíduos**. 2014. Disponível em: <https://saaeguanhaes.com.br/?r=agua&p=model/model4&id=15>.
- SILVA, M. V. **Desenvolvimento de tijolos com incorporação de cinzas de carvão e lodo provenientes de estação de tratamento de água**. 2011. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – IPEN/ Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- SOUZA, J. A. **Caracterização de caulinita natural e quimicamente modificada com ureia e aplicação em processo de absorção com metais pesados – cinética e termodinâmica do processo**. 2008. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso, 2008.
- SOUTO, K. R. de S. **Aproveitamento de lodo de esgoto e concha de liliu (Anomalocardia brasiliana) em argamassa**. 2016. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.
- TARTARI, R.; DIAZ-MORA, N.; MODENES, A. N.; PIANARO, S. A. Lodo gerado na estação de tratamento de água Tamanduá, Foz do Iguaçu, PR, como aditivo em argilas para cerâmica vermelha: Parte I: caracterização do lodo e de argilas do terceiro planalto paranaense. **Cerâmica** [online], 2011, v. 57, n. 343, p.288-293.
- TEIXEIRA, S. R.; SANTOS, G. T. A.; SOUZA, A. E. *et al.* The effect of incorporation of a Brazilian water treatment plant sludge on the properties of ceramic materials, **Applied Clay Science**, v. 53, p. 561-565, 2011.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Guide to field storage of biosolids and other organic by-products used in agriculture and for soil resource management.** EPA/832-B-00-007. Washington, cap. 1, 2000.

WAIJAREAN, N.; ASAVAPISIT, S.; SOMBATSOMPOP, K. Strength and microstructure of water treatment residue-based geopolymers containing heavy metals. **Construction and Building Materials**, v. 50, p. 486-491, 2014.

WANG, K. S.; CHIOU, I. J.; CHEN, C. H.; WANG, D. Lightweight properties and pore structure of foamed material made from sewage. **Construction and Building Materials**, v. 19, p. 627-633, 2005.