



ANÁLISE DA INCORPORAÇÃO DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA EM CERÂMICA E CONCRETO

G.G. SILVA¹; Y. V. S. FERNANDES¹; K. P. RIBEIRO¹; M. A. FONSECA¹

¹ Centro Universitário de Patos de Minas, Faculdade de Engenharia Química
E-mail para contato: karolinepr@unipam.edu.br

RESUMO – Devido ao grande impacto ambiental causado pelo descarte do lodo de estações de tratamento de água (ETAs) e o alto custo com o retorno do mesmo para os cursos de água, faz-se necessário a elaboração de alternativas sustentáveis de disposição deste material. O presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade do lodo proveniente de uma estação de tratamento de água situada em Patos de Minas/MG, como aditivo em cerâmicas e concreto. Para avaliar sua resistência mecânica os materiais cerâmicos e concretos foram submetidos à compressão simples. No lodo da ETA foram observados 52,86% de umidade, 58% de areia, índice de plasticidade de 8,2%, 2,723 g/kg de COT e 4,45% de matéria orgânica. O material cerâmico avaliado que obteve melhor resistência a compressão simples foi a incorporação de 10% de lodo com 28,18 MPa, sendo tolerada até 15% de lodo na massa cerâmica com resistência de 21,74 MPa, estas indicadas para utilização em alvenaria estrutural. Para o material concreto as resistências à compressão simples nas porcentagens analisadas foram todas superiores à amostra padrão, a maior resistência apresentada foi da incorporação de 10% com 16,47 MPa, portanto todas as composições analisadas para o concreto se fazem adequadas para utilização na construção civil em fundações e obras temporárias.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso limitado, essencial para a existência e manutenção da vida humana, fauna e flora. Geralmente os locais de captação de água bruta não se enquadram aos padrões de potabilidade, por isso é indispensável seu tratamento, tanto para consumo humano como para os demais usos na indústria (Oliveira, 2004).

Durante o tratamento da água, os processos geram lodo que precisa ser manuseado, tratado e descartado com atenção, sendo que muitas vezes estas etapas são mais dispendiosas que o próprio tratamento de efluentes (Gauto e Rosa, 2011). Portanto, exigências ambientais obrigam o condicionamento e desidratação do lodo produzido, permitindo um destino final adequado. (Jordão e Pessoa, 2011).

O descarte indevido do lodo causa grande impacto ambiental, além da poluição dos cursos de água. Portanto, é necessária a aplicação de novas tecnologias limpas que possibilitem o reaproveitamento deste resíduo, evitando problemas ambientais e reduzindo o



custo de descarte do mesmo, que inclui o lançamento direto em cursos d'água, lagoas, aplicações no solo e aterro sanitário (Richter, 2004).

Desta forma, o objetivo principal deste estudo foi caracterizar o lodo proveniente de uma estação de tratamento de água situada em Patos de Minas/MG, e avaliar sua qualidade como aditivo em cerâmicas na proporção de 10, 15 e 20% de lodo seco e em concreto na proporção de 3, 5 e 10% de lodo seco. Como objetivo secundário, buscou-se observar a interferência do lodo sob as propriedades mecânicas da cerâmica e do concreto, a fim de apontar uma nova alternativa para a disposição do resíduo gerado no tratamento primário e secundário de águas de abastecimento.

2. METODOLOGIA

2.1 Amostragem

As amostras foram coletadas na Estação de tratamento de água - ETA da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA, com o auxílio de pás em contêineres devidamente tampados. Posteriormente o lodo foi armazenado em recipientes de polietileno protegidos e devidamente identificados através de ficha de coleta. As amostras foram preparadas conforme metodologia EMBRAPA (1997).

2.2 Caracterização Física

Limites de Atterberg: A amostra foi preparada seguindo o protocolo da NBR 7180 (ABNT, 1984). O limite de liquidez (LL) foi determinado conforme NBR 6459 (ABNT, 1984), utilizando o aparelho de Casagrande. Para a determinação do limite de plasticidade (LP) seguiu-se a NBR 7180 (ABNT, 1984). O Índice de Plasticidade (IP), que indica o caráter plástico da matéria-prima, foi obtido pela diferença entre o limite de liquidez (LL) e o limite de plasticidade (LP), conforme a Equação 1, onde IP é o índice de plasticidade.

$$IP = LL - LP \quad (1)$$

2.4 Produção e ensaios de corpos de prova

Os corpos de prova cerâmicos foram preparados segundo orientações de uma indústria local de Patos de Minas/MG, onde a massa argilosa foi umedecida com 25% de água e misturada até se tornar uma massa homogênea, logo após foi feita a prensagem uniaxial em um molde prismático. Depois de desmoldados os corpos de prova foram levados a estufa por 24 horas a 110 °C para secagem e posteriormente passar pela queima em mufla a 900 °C durante 3 horas. As porcentagens de incorporações foram 10, 15 e 20% de lodo seco (Oliveira, 2004).

Os corpos de prova de concreto foram preparados segundo a NBR 5738 (ABNT, 2015), onde foram incorporados com 3, 5 e 10% de lodo seco nos corpos de prova.

Todos os corpos de prova foram submetidos à compressão simples segundo a NBR 5739 (ABNT, 1994).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Limites de Atterberg

O teor de umidade referente à projeção de 25 golpes, é considerada o limite de liquidez, assim como o limite de plasticidade é obtido através da fragmentação do cilindro, ambos resultados juntamente com o índice de plasticidade estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Limites de Atterberg do lodo da ETA

Ensaios	Teor de umidade (%)
Límite de liquidez	39,8
Límite de plasticidade	31,6
Índice de plasticidade	8,2

O teor de umidade para o limite de liquidez foi de 39,8%, no qual é o menor teor de umidade para que a amostra de solo seja capaz de fluir. O teor de umidade para o limite de plasticidade foi de 31,6 %, onde o solo perde a capacidade de ser moldado e passa a ser quebradiço. Nos estudos de Ghizoni (2013) foi encontrado um limite de liquidez de 49% e limite de plasticidade de 40%.

O teor de umidade apresentado para o índice de plasticidade foi de 8,2%, tal resultado é indicado como plasticidade média, pois se encaixa na faixa de $7 < IP (\%) < 15$ (Dondi, 2003). No trabalho realizado por Oliveira (2004), é apresentado um resultado de teor de umidade de 20% para o índice de plasticidade, valor indicado para composição de massas argilosas usadas em cerâmicas, já que está dentro de $10 < IP (\%) < 35$.

3.2 Ensaio de compressão simples

Conforme a NBR 5739 (ABNT, 1994), os corpos de prova foram submetidos a compressão simples para verificar sua resistência mecânica, sendo apresentado na Tabela 2 os valores médios para o material cerâmico em função da porcentagem de lodo adicionado.

Tabela 2 - Valores médios de resistência à compressão para corpos de prova cerâmicos

Composição (% de Lodo)	Resistência (MPa)
0	25,03
10	28,18
15	21,74
20	19,83

O valor de 25,03 MPa foi a resistência suportada pelo corpo de prova controle, a incorporação de 10% foi a mistura mais resistente apresentando um valor de 28,18 MPa e as duas misturas com maiores porcentagens adicionadas com 15 e 20% apresentaram um decréscimo na resistência, com valores de 21,74 e 19,83 Mpa, respectivamente. Camargo (2014) observou em seu estudo que com uma adição superior a 10% em uma queima de 800°C a resistência do seu material teve a tendência de diminuir, isso ocorre devido ao alto

teor de lodo adicionado, comprometendo a resistência mecânica em função da porosidade e alta perda de massa por volatilização da matéria orgânica e da água.

Segundo Oliveira (2004) o seu material não sofreu alteração na resistência mecânica até 15% de incorporação, no atual trabalho tal porcentagem diminuiu 13% na resistência mecânica do material, apenas a incorporação de 10% superou a amostra padrão. Sua utilização é indicada em alvenaria estrutural, uma vez que o valor mínimo de resistência para comercialização desse material é de 3 MPa, porém estruturas de edifícios mais robustos demandam materiais com resistência acima de 20 MPa, desde que estejam dentro do padrão da NBR 7171 (ABNT, 1992).

Na Tabela 3 estão dispostos os resultados para os materiais de concreto, eles foram tão satisfatórios quanto os resultados para a cerâmica.

Tabela 3 - Valores médios de resistência à compressão para corpos de prova de concreto.

Composição (% de Lodo)	Resistência (MPa)
0	15,61
3	15,90
5	16,04
10	16,47

Para o corpo de prova de concreto controle foi obtido uma resistência de 15,61 MPa, já o valor da incorporação de 3% foi de 15,90 MPa sendo superior ao controle, as incorporações de 5 e 10% apresentaram valores ainda superiores com 16,04 e 16,47 MPa. Os valores de resistência para o concreto foram satisfatórios, pois todos se apresentaram superior a amostra padrão, ainda sim nota-se que com o aumento da incorporação do lodo a resistência seguiu aumentando. Hoppen *et al.* (2005) encontrou resultados positivos até 8% de lodo adicionado, porém já com adição de 10% seu material teve a resistência comprometida. Costa (2011) se diz satisfeito com todas suas porcentagens de incorporação onde usou 5, 10 e 20% de lodo, cita que todos valores foram superiores a meta traçada para o seu trabalho e ainda conclui que o lodo de cada ETA tem suas particularidades para influenciar na resistência, tendo em vista a variação de resultados encontrados com a literatura. Tal afirmação é notória no presente trabalho, já que aqui foi apresentado resultados positivos e é possível encontrar na literatura resultados diferentes.

A utilização deste material concreto é indicada para fundações e obras temporárias, pois segundo a NBR 6118 (ABNT, 2003) concretos que não atingem a resistência de 20 MPa não podem ser utilizados como concreto armado, que é próprio para estruturas de sustentação de edifícios.

4. CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados neste estudo é possível dizer que o lodo da ETA pode ser incorporado até um valor de 15% em materiais cerâmicos, com a composição ideal



de incorporação sendo a de 10%, onde essa porcentagem obteve a maior resistência mecânica dentre as composições analisadas, a indicação de aplicação dessa incorporação é em alvenaria estrutural.

Para a incorporação do lodo nos materiais de concreto é indicado todas as composições analisadas, pois se mostraram eficientes perante a compressão simples com valores de resistência acima do corpo de prova padrão. Os locais de aplicações para esses materiais são em fundações e obras temporárias.

5. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR 7180: Solo: Determinação do limite de plasticidade. Método de ensaio.* Rio de Janeiro: ABNT, 1984.
- NBR 6502: Rochas e Solos: Terminologia.* Rio de Janeiro, 1995.
- NBR 13600: Solo: Determinação do teor de matéria orgânica por queima a 440 °C.* Rio de Janeiro, 1996.
- NBR 6459: Solo: Determinação do limite de liquidez. Método de ensaio.* Rio de Janeiro, 2004.
- NBR 5738: Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.* Rio de Janeiro, 2015.
- NBR 5739: Concreto: Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.* Rio de Janeiro, 1994.
- NBR 7171: Bloco cerâmico para alvenaria.* Rio de Janeiro, 1992.
- NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.* Rio de Janeiro, 2003.
- CAMARGO, C. N. O. *Avaliação do lodo amarelo de ETA para incorporação em cerâmica vermelha.* 2014. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências de Materiais) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes, 2014.
- CARMO, D. L. do; SILVA, C. A. Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, [S. l.], v. 1, n. 36, p.1211-1220, 2012.
- COSTA, A. J. C. da. *Análise de viabilidade de utilização de lodo de ETA coagulado com cloreto de polialumínio composto com areia com agregado miúdo em concreto para recomposição de calçadas – estudo de caso na ETA do município de Mirassol SP.*



2011. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Mirassol, 2011.

DONDI, M. Technological characterisation of clay materials: experimental methods and data interpretation. *International Ceramics Journal*, Faenza (Italy), p. 55-59, 2003.

EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212 p.

GAUTO, M. A.; ROSA, G. R. *Processos e operações unitárias da indústria química*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011. 421 p.

GHIZONE, G. R. S. *Fabricação de pastilhas cerâmicas com lodo proveniente de ETA-estações de tratamento de água: estudo de caso ETA – Pato Branco – PR*. 2013. 86 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

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. *Cerâmica*, Paraná, v. 51, n. 318, p. 85-95, mar. 2005.

JORDÃO, E. P; PESSÔA, C. A. *Tratamento de esgotos domésticos*. 6. ed. Rio de Janeiro: Fundo editorial, 2011. 1050 p.

OLIVEIRA, E. M. S. de. *Estudo da valorização e reciclagem de resíduo proveniente de estação de tratamento de águas em cerâmica vermelha*. 2004. 127 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia e Ciências dos Materiais, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2004.

PORRAS, A. C.; ISAAC, R. L.; MORITA, D. Use of dry sludge from a treatment water plant station and aggregated recycled from civil construction in the manufacture of cement soil bricks. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, Campo dos Goytacazes, v. 18, n. 2, p. 5-28, 2008.

RICHTER, C. A. *Tratamento de lodos de estações de tratamento de água*. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2004.

WALKLEY, A.; BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.*, 37:29-38, 1934.