

## **LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA: DE RESÍDUO À MATÉRIA PRIMA**

Felipe Pires CHAVES<sup>1</sup>  
Elton Aparecido Prado dos REIS<sup>2</sup>

**RESUMO:** A água, para apresentar as características necessárias para uso humano passa por processos de tratamento nas Estações de Tratamento de Água (ETAs), gerando resíduos denominados “lodo”. Este trabalho visa a explanação da geração desses resíduos úmidos, assim como expor a composição dos materiais cerâmicos, objetivando o desenvolvimento de tijolos maciços pela mistura do lodo de ETA juntamente com argila sedimentar, proporcionando materiais com propriedades compatíveis aos utilizados na área da construção civil. Após homogeneização das amostras de lodo e quebra das partículas de argila, foi realizada secagem das amostras, verificando-se uma média de 86,83% de perda de massa após secagem das amostras de lodo e 25,51% de perda para as amostras de argila. Em seguida, realizou-se destorroamento das amostras, seguida de análise granulométrica, sendo possível observar maiores massas retidas nas peneiras de 28 *mesh* para as amostras de lodo e de argila. Tem-se a perspectiva de produção de corpos de prova para verificação das melhores composições argila/lodo.

**Palavras-chave:** Lodo. Argila sedimentar. Resíduo. Matéria prima. Apelo ambiental.

### **1 INTRODUÇÃO**

A água é uma substância indispensável para os seres humanos e a natureza. Ela está presente nas atividades diárias comuns às pessoas, e também no cenário industrial, estando presente em diversos processos como solvente, matéria-prima, meio de transporte e agente de limpeza. Porém, verifica-se que na maior parte dos locais de captação de água, estes não apresentam as características necessárias para o uso humano do elemento. Por isso, o seu tratamento torna-se indispensável (PINHEIRO et. al, 2014).

---

<sup>1</sup> Discente do 2º ano do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário “Antonio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. felipepireschaves@gmail.com Bolsista do Programa de Iniciação Científica Toledo.

<sup>2</sup> Docente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário “Antonio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. Doutor em Ciência e Tecnologia de Materiais do programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia dos Materiais (POSMAT) da Universidade Estadual Paulista. elton.reis@toledoprudente.edu.br Orientador do trabalho.

No processo de tratamento da água são gerados resíduos úmidos, denominados “lodo”, os quais são caracterizados pela NBR 1004:2004 como resíduo sólido, classe IIA (não inerte). Estes devem ser tratados e posteriormente dispostos, para que danos ao meio ambiente não sejam provocados, tais como: assoreamento, alteração na turbidez, cor e composição química das águas do corpo receptor, além de possíveis contaminações do lençol freático (dos REIS et. al, 2007).

Dessa forma, perante a grande geração desse resíduo, à primeira vista sem possíveis utilizações, torna-se interessante a utilização do lodo gerado pela Estação de Tratamento de Água (ETA) na produção de novos materiais, tais como na produção de cerâmica vermelha, como verificado em pesquisas desenvolvidas por Pinheiro et. al, 2014; Teixeira et. al, 2006; Garcia et. al, 2012 e Monteiro et. al, 2008.

O presente artigo visa elucidar a geração dos resíduos úmidos da ETA de Presidente Prudente, assim como explanar a composição dos materiais cerâmicos, visando a mistura do resíduo com argila sedimentar para a confecção de tijolos maciços com propriedades físicas e químicas compatíveis a de materiais utilizados na construção civil.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 Processo de captação e tratamento de água**

No estado de São Paulo, a companhia responsável pelo processo de captação e tratamento de água é a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP). De acordo com o site da companhia<sup>3</sup>, são tratados cerca de 111 mil litros de água por segundo, em todo o estado.

Na cidade de Presidente Prudente, situada no interior do estado de São Paulo, a água fornecida à população é captada de mananciais superficial e

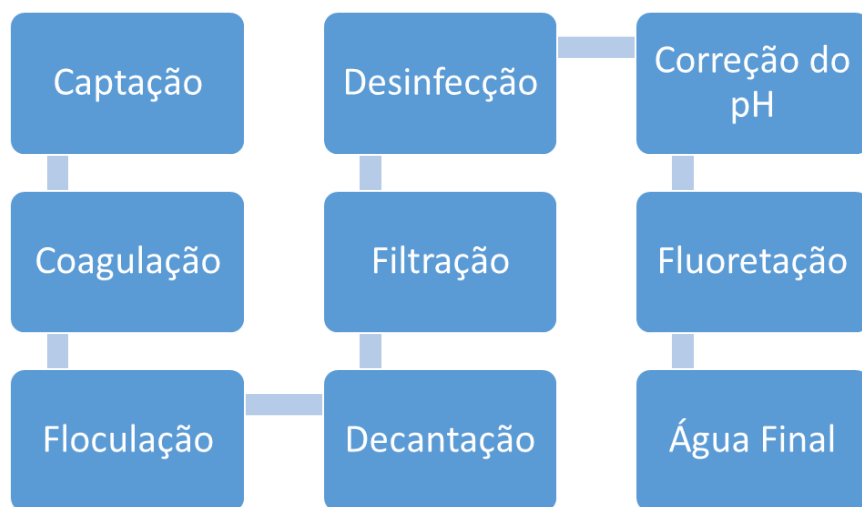
---

<sup>3</sup> Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=47>.

subterrâneo, sendo a maior parte proveniente dos rios Ribeirão Santo Anastácio e Rio do Peixe, presentes na região (TEIXEIRA et. al, 2006).

A água captada é tratada na ETA, onde passa pelos processos de aeração, eliminação de impurezas grosseiras, pré-cloração, controle de vazão, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, correção de pH e fluoretação (TEIXEIRA et. al, 2006).

**FIGURA 1** - Fluxograma das etapas do tratamento de água na ETA.



Fonte: O autor.

No processo de coagulação, são utilizados coagulantes para provocar a desestabilização de coloides. Na ETA de Presidente Prudente, o coagulante utilizado é o cloreto de polialumínio (PAC), armazenados em tanques, conforme a figura 2.

**FIGURA 2** - Vista dos tanques de armazenamento do cloreto de polialumínio.



Fonte: SABESP.

Na floculação, os núcleos formados na coagulação aumentam de tamanho, e pela captação das impurezas tornam-se mais densos que a água. Estes núcleos, chamados de flocos, são separados da água pela ação da gravidade, nos decantadores (TEIXEIRA et. al, 2006).

**FIGURA 3** - Floculadores presentes na ETA de Presidente Prudente.



Fonte: SABESP.

Durante o processo de captação da água, a parte mais fina do solo, constituída de argila, silte e areia fina, é carregada juntamente com a água para a

estação de tratamento. Por isso, os resíduos úmidos, precipitados nos decantadores, são constituídos principalmente por material proveniente da captação da água (matéria orgânica e elementos citados anteriormente) e produtos químicos utilizados durante o processo de tratamento (TEIXEIRA et. al, 2002).

**FIGURA 4** - Vista de um dos decantadores da ETA de Presidente Prudente.



Fonte: SABESP.

Na Estação de Tratamento de Presidente Prudente são produzidas cerca de 90 toneladas de resíduos úmidos, por mês, após a lavagem dos três decantadores existentes na unidade. No estado de São Paulo, são geradas aproximadamente 30 mil toneladas de lodo por ano (TEIXEIRA et al, 2006).

## **2.2 Cerâmica e suas aplicações**

O termo cerâmica remete da palavra grega *keramikos*, que significa matéria queimada. Os materiais cerâmicos são formados por elementos metálicos e não metálicos, e suas ligações interatômicas são totalmente iônicas ou predominantemente iônicas, com alguma natureza covalente (CALLISTER et. al, 2015).

A indústria cerâmica se utiliza, em grande parte, de matérias-primas naturais, como a argila. Esta apresenta textura terrosa, de granulometria fina, sendo constituída principalmente de argilominerais ou minerais argilosos, como silicatos de alumínio ou magnésio, matéria orgânica, minerais não-argilosos, como o quartzo e óxidos de ferro, e possíveis impurezas. Devido a presença de argilominerais, as argilas em contato com a água, desenvolvem plasticidade, compactação, retração linear de secagem e resistência mecânica, propriedades que explicam muitas de suas aplicações. Como principais grupos de argilominerais, têm-se as caulinitas, micas, vermiculitas e esmectitas (TEIXEIRA, 2006).

Dentre as diversas vertentes da indústria cerâmica, a cerâmica vermelha apresenta-se como uma interessante alternativa para a incorporação de resíduos. De acordo com levantamento da Associação Brasileira de Cerâmica (ABC), a indústria da cerâmica vermelha gera quantidades expressivas de empregos, contribuindo para a economia do país. Na região de Presidente Prudente, o setor cerâmico-oleiro engloba municípios desde Panorama até Rosana, destacando-se a produção de tijolos furados e maciços, telhas e lajotas (SOUZA, 2008).

Além da forte presença desta indústria no mercado nacional e regional são utilizadas variadas matérias-primas, com grande tolerância quanto à composição das argilas e quanto às exigências de qualidade e propriedades finais dos produtos, principalmente para a produção de tijolos maciços, o que torna interessante a incorporação de resíduos em suas produções (TEIXEIRA, 2006).

Artefatos como tijolos cerâmicos constituem importantes elementos nas edificações pois permitem grandes gamas de execuções, acabamentos com seu uso aparente, isolamento termoacústico, e propriedades estáveis em relação a sua resistência mecânica e durabilidade (OLIVEIRA, 1993).

### **2.3 Resultados e discussão**

O lodo proveniente do tratamento de águas foi doado pela SABESP, a qual é responsável pela estação de tratamento de águas da cidade de Presidente

Prudente – SP. A argila sedimentar, proveniente de várzea, foi doada pela a Olaria Gimenes, no município de Indiana, próximo a cidade de Presidente Prudente.

Primeiramente foi iniciado o processo de homogeneização do lodo. Para as amostras A, B, C e D, este processo foi realizado de forma manual, conforme figura 5. Enquanto isso, para a amostra E, a mistura foi realizada de forma mecânica, visando analisar a influência desta na dispersão dos materiais e sua implicação nas propriedades mecânicas dos materiais a serem desenvolvidos.

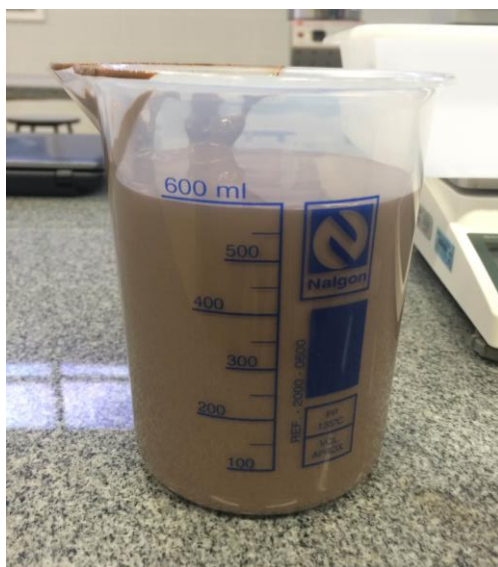
**FIGURA 5** - Lodo homogeneizado de forma manual.



Fonte: O autor.

Todas as amostras foram retiradas com cerca de 600 mL de lodo e passadas para um béquer de marca Nalgon, conforme figura 6.

**FIGURA 6** - Volume de lodo coletado para amostra A.



Fonte: O autor.

As amostras foram passadas para bandeja de marca Nalgon, sendo pesadas em balança semi-analítica BL3200H de marca Shimadzu, e posteriormente secas em estufa de secagem e esterilização com circulação e renovação de ar SP-102 de marca SP Labor, à uma temperatura de 100 °C, por 24 horas, a fim de permitir uma dispersão completa do calor por todo o corpo das amostras, eliminando a umidade presente nas mesmas, que por sua vez acarreta na evaporação de sua massa líquida, restando somente a porção sólida.



**FIGURA 7** - Amostra A de lodo passada para bandeja Nalgon e pesada em balança semi-analítica.



Fonte: O autor.

**Figura 8** - Amostra A de lodo após secagem em estufa.



Fonte: O autor.

Após secagem, todas as amostras foram pesadas em balança semi-analítica. Os dados coletados foram transcritos para a tabela 1, a seguir.

**TABELA 1** - Dados coletados das amostras de lodo antes e após secagem.

<b>Amostra</b>	<b>Massa lodo úmido (g)</b>	<b>Massa lodo após secagem (g)</b>	<b>Volume (mL)</b>	<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Perda de massa após secagem (%)</b>
A	613,92	82,10	600 ±10	1,0232	86,63
B	631,10	71,86	600 ±10	1,0518	88,62
C	592,92	78,53	600 ±10	0,9882	86,76
D	651,14	88,53	600 ±10	1,0852	86,40
E	627,53	89,43	600 ±10	1,0459	85,75
Média	623,32	82,09	600 ±10	1,0389	86,83

Fonte: O autor.

De acordo com os dados coletados verifica-se uma média de perda de massa de lodo após secagem de 86,83% relativa à massa original das amostras. Este dado se refere, portanto, à massa de água presente na amostra inicial de lodo, eliminada após secagem em estufa. A massa de lodo após secagem, representa então, uma amostra de “lodo seco”.

Posteriormente iniciou-se a quebra da argila de forma manual, em partículas de cerca de 5 cm de diâmetro. Foram retiradas as amostras A e B de volume de aproximadamente 600 mL de partículas de argila, passadas para béquer e para bandeja. Ambas as amostras foram pesadas em balança semi-analítica, e colocadas para secagem em estufa de ar circulante à temperatura de 100 °C, por 24 horas. A quebra da argila em partículas menores e o tempo de secagem são necessários pelo fato de possibilitar a mais fácil e completa difusão de calor nas amostras, devido ao aumento da área de contato das mesmas.

**FIGURA 9** - Amostra B de argila após secagem em estufa.



Fonte: O autor.

**TABELA 2** - Dados coletados das amostras de argila.

<b>Amostra</b>	<b>Massa de argila úmida (g)</b>	<b>Massa de argila após secagem (g)</b>	<b>Perda de massa após secagem (%)</b>
A	501,21	364,04	27,37
B	514,51	392,84	23,65
Média	507,86	378,44	25,51

Fonte: O autor.

Coletados os dados referentes as amostras A e B de argila, pode-se afirmar que a média de perda de massa após secagem de ambas foi de 25,51%. Este índice indica a massa de água presente nas argilas antes de sua secagem, relativamente menor do que a encontrada nas amostras de lodo, sendo um dos fatores influentes, o estado físico dos materiais estudados.

As amostras A, B, C, D e E de lodo e amostras A e B de argila, foram destorroadas em moinho de martelo MA-880 de marca Marconi, para possibilitar a melhor mistura das amostras nas composições desejadas, e posteriormente armazenadas em embalagens plásticas, visto que sua exposição pode acarretar em

absorção da umidade presente na atmosfera, fato não interessante para o material, como já citado.

**FIGURA 10** - Moinho de martelo MA-880 de marca Marconi.



Fonte: Marconi.

Foi realizada então uma análise granulométrica em um agitador de peneiras de marca Lucadema, com peneiras de 28, 42, 60 e 100 *mesh*. As amostras A, B, C e D de lodo foram agitadas por 30 minutos, enquanto isso, a amostra E passou por agitação por um tempo de 15 minutos. Os dados coletados na agitação, foram transcritos para a tabela 3, a seguir.

**TABELA 3** - Análises granulométricas das amostras de lodo.

Massas (g)	Amostras	
	A, B, C e D	E
<b>Inicial</b>	262,68 (100%)	84,09 (100%)
<b>Peneira de 28 <i>mesh</i></b>	109,89 (41,83%)	31,74 (37,75%)
<b>Peneira de 42 <i>mesh</i></b>	100,61 (38,30%)	19,48 (23,17%)
<b>Peneira de 60 <i>mesh</i></b>	23,57 (8,97%)	18,10 (21,52%)
<b>Peneira de 100 <i>mesh</i></b>	15,84 (6,03%)	8,74 (10,39%)
<b>Menor que 100 <i>mesh</i></b>	10,82 (4,12%)	4,40 (5,23%)

Fonte: O autor.

De acordo com a tabela 3, verifica-se que em ambas análises, a maior massa retida encontra-se na peneira de 28 *mesh*, 41,83% da massa original das

amostras A, B, C e D e 37,75% da massa original da amostra E, apresentando resultados semelhantes.

As disparidades das análises nas peneiras a partir de 42 *mesh*, possivelmente estão relacionados a homogeneização diferenciada das amostras, visto que na agitação mecânica, tem-se melhor dispersão de partículas, resultando em uma maior homogeneidade.

Do estudo dos tempos realizados, verificou-se que a variação de massa para cada peneira foi irrisória, comprovando assim que o tempo de 15 minutos é o mais interessante a ser utilizado.

Iniciou-se então a análise granulométrica das amostras A e B de argila, com peneiras de 28, 42, 60 e 100 *mesh*. Ambas as amostras foram agitadas por um período de 15 minutos.

**TABELA 4** - Análise granulométrica das amostras de argila.

Massas (g)	Amostras	
	A	B
<b>Inicial</b>	284,62 (100%)	398,04 (100%)
<b>Peneira de 28 <i>mesh</i></b>	191,19 (67,17%)	322,71 (81,07%)
<b>Peneira de 42 <i>mesh</i></b>	61,08 (21,46%)	46,10 (11,58%)
<b>Peneira de 60 <i>mesh</i></b>	21,12 (7,42%)	23,33 (5,86%)
<b>Peneira de 100 <i>mesh</i></b>	5,65 (1,99%)	5,02 (1,26%)
<b>Menor que 100 <i>mesh</i></b>	2,96 (1,04%)	2,82 (0,71%)

Fonte: O autor.

Por meio das análises granulométricas, observa-se maior quantidade de massa retida de ambas as amostras na peneira de 28 *mesh*, 67,17% para amostra A e 81,07% para amostra B. Os resultados apresentam-se semelhantes a partir da peneira de 60 *mesh*.

As diferenças nas duas primeiras peneiras devem-se à maior quantidade de massa da amostra B. Como o tempo de procedimento foi igual, propiciou-se a maior retenção de massa na peneira inicial de 28 *mesh* na segunda amostra quando comparada à primeira.

### 3 CONCLUSÃO

Diante do exposto, conclui-se que a geração de lodo nas estações de tratamento de água se faz em grande número, cerca de 30 mil toneladas por ano, apenas no estado de São Paulo. Sendo resultado de um processo indispensável aos seres humanos. A reutilização destes resíduos úmidos apresenta diversos benefícios ambientais, sociais e econômicos. Neste trabalho, destaca-se a utilização do lodo juntamente com argila sedimentar, para a fabricação de tijolos maciços, artefatos utilizados até hoje na construção civil.

Com os dados coletados, verificou-se a presença de 86,83% de massa de água nas amostras de lodo, índice relativamente maior quando comparado ao encontrado nas amostras de argila (25,51%). Por meio de análises granulométricas foi possível identificar grande parte das amostras de lodo retidas nas peneiras de 28 e 42 *mesh*. Na mesma análise, foram encontradas massas percentuais com certa disparidade entre as amostras A, B, C e D quando comparadas com a amostra E, devido à forma de homogeneização realizada, visto que a agitação mecânica, realizada na amostra E, proporciona melhor dispersão de partículas do material.

Quanto as amostras de argila, foi possível verificar a maior parte destas retidas na peneira de 28 *mesh*, 67,17% para a amostra A e 81,07% para a amostra B. Essa diferença pode ser explicada pela maior massa analisada na amostra B.

Para futuros trabalhos serão confeccionados corpos de prova a fim de verificar as melhores composições de argila e lodo, na produção de tijolos maciços, sendo analisadas suas propriedades físicas, tais como ensaios de flexão de três pontos, retração linear, perda de massa ao fogo e densidade aparente.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALLISTER JR., William D.; RETHWISCH, David G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. Rio de Janeiro: LTC, 2015. 817 p.

CENTRO UNIVERSITÁRIO “ANTONIO EUFRÁSIO DE TOLEDO”. **Normalização de apresentação de monografias e trabalhos de conclusão de curso.** 2015 – Presidente Prudente, 2015, 121p.

GARCIA, C. M.; QUESADA, D. E.; VILLAREJO, L. P.; GODINO, F. J. I.; IGLESIAS, F. A. C. **Sludge valorization from wastewater treatment plant to its application on the ceramic industry.** Journal of Environmental Management, v. 95, p. 343-348, 2012.

MONTEIRO, S. N.; ALEXANDRE, J.; MARGEM, J.I.; SÁNCHEZ, R.; VIEIRA, C.M.F. **Incorporation of sludge waste from water treatment plant into red ceramic.** Construction and Building Materials, v.22, p. 1281-1287, 2008.

OLIVEIRA, Sônia Medeiros de. **Avaliação dos blocos e tijolos cerâmicos do estado de Santa Catarina.** 1993. 136 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC – 1993.

PINHEIRO, B. C. A.; ESTEVÃO, G. M; SOUZA, D.P. **Lodo proveniente da estação de tratamento de água do município de Leopoldina, MG, para aproveitamento na indústria de cerâmica vermelha Parte I: caracterização do lodo.** Revista Matéria, Rio de Janeiro, v. 19, p. 204-211, 2014.

REIS, E. L. T. dos et al. **Identificação da influência do descarte de lodo de estações de tratamento de água.** Química Nova, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 865-872, 2007.

SOUZA, Agda Eunice de. **Argilominerais: Influência dos aditivos (cinza do bagaço da cana-de-açúcar e rocha sedimentar) no processo de sinterização.** 2008. 104 f. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais, UNESP – Campus de Bauru, 2008.

TEIXEIRA, Silvio Rainha. **Caracterização de argilas usadas para produção de cerâmica vermelha e estudo das alterações nas suas propriedades pela adição de resíduos sólidos.** 2006. 181 f. Tese (Livre-Docência em Física) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP – Campus de Presidente Prudente, 2006.

TEIXEIRA, S. R.; SOUZA, S. A.; SOUZA, N. R.; ALÉSSIO, P.; SANTOS G. T. A. **Efeito da adição de lodo de estação de tratamento de água (ETA) nas propriedades de material cerâmico estrutural.** Cerâmica, São Paulo, v. 52, n. 323, p. 215-220, 2006.

TEIXEIRA, S. R.; SOUZA, S. A.; SOUZA N. R.; JOB A. E.; GOMES H. M.; HEITZMANN NETO J. F. **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.** In: XXXVIII CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITÁRIA Y AMBIENTAL, Cancun, México. 2002. 7p.