



**9843 SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO DO CONCRETO  
PELO LODO CALCINADO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE  
PRESIDENTE PRUDENTE**

**Gilberto Jose da Paz Júnior** <sup>(1)</sup>

Engenheiro Civil - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho FEIS/UNESP (2006) e mestre na Área de Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais UNESP (2009). Engenheiro da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo SABESP. Professor curso de engenharia civil na Universidade do Oeste Paulista UNOESTE.

**Daniele Araujo Altran** <sup>(2)</sup>

Formada em Engenharia Civil pela Universidade do Oeste Paulista (2007) e mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2010). Atualmente é professor titular da Universidade do Oeste Paulista.

**Gabriel Henrique Coser Cavalcante** <sup>(3)</sup>

Engenheiro Civil - Universidade do Oeste Paulista 2018.

**Marina Rodrigues da Silva** <sup>(4)</sup>

Engenheira Civil - Universidade do Oeste Paulista 2018.

**Murilo Henrique Freire de Castro** <sup>(5)</sup>

Engenheiro Civil - Universidade do Oeste Paulista 2018.

**Endereço** <sup>(1)</sup>: Cel. José Soares Marcondes, 3623 - Jardim Bongiovani, Presidente Prudente - SP, 19050-230, - Brasil - Tel: +55 (18) 3904-8000 - e-mail: eng\_gilbertopaz@gmail.com.

## RESUMO

Com a construção de novas ETEs e o avanço dos sistemas de tratamento em nossas cidades e comunidades no interior do estado de São Paulo, temos que voltar nossas atenções aos produtos e subprodutos destes sistemas. O resíduo lodo deve ter um destino final adequado, hoje são armazenados em bags, para posterior remoção para local apropriado. Neste trabalho o lodo foi calcinado e usado como parte do agregado miúdo, em porcentagens de 5, 10 e 15%, na produção do concreto. A substituição teve efeitos positivos na trabalhabilidade do concreto e em sua resistência final.

**PALAVRAS-CHAVE:** lodo, lodo calcinado, concreto, etc.

## INTRODUÇÃO

A disposição final do lodo resultante do tratamento de esgoto tem sido estudado buscando várias formas e maneiras para sua adequada disposição finais. O uso do lodo tratado como material alternativo na construção civil tem demonstrado sucesso em pesquisas de caráter mundial, no sentido de viabilizar a sua aplicação na produção de argamassas, na fabricação de cimento, em camadas de cobertura de aterro sanitário, como agregado miúdo na produção de concreto entre outras aplicações (FEDRIZZI, 2012).

Neste sentido, o presente projeto de pesquisa refere-se ao estudo da incorporação do lodo de esgoto, produzido na Estação de Tratamento de Esgoto Limeiro do município de Presidente Prudente no concreto.

## OBJETIVO

Estudar a resistência mecânica do concreto com substituição parcial da areia por lodo calcinado nas proporções de 5% e 10% e 15%.

## REVISAO E METOLOGIA

### Lodo



O lodo gerado no tratamento de esgoto é um resíduo de difícil tratamento e disposição final, devido: às grandes quantidades geradas; à dificuldade em se encontrar locais adequados para a sua disposição final; aos impactos ambientais; e outros (JORDÃO; PESSÔA, 1995). As principais etapas do tratamento do lodo são: adensamento, estabilização, condicionamento, desaguamento e disposição final.

Para disposições finais do lodo podemos utilizar os seguintes métodos: incineração, disposição em aterros e uso agrícola. No processo de incineração, os sólidos voláteis são convertidos em gases e os sólidos fixos são transformados em cinza. Tem como vantagem a redução do volume de lodo chegando ao final entre 10 a 20% do volume inicial. Em contrapartida apesar da eliminação dos organismos patogênicos e compostos orgânicos tóxicos, os metais pesados continuam presentes nas cinzas e, portanto, torna-se necessária uma disposição final adequada para a mesma (TSUTIYA et al., 2000).

### Concreto

Para confecção do concreto foi utilizado traço estrutural estudado por Silva (1975) para resistência de 25 MPa demonstrado na **Tabela 01**, sem adição de aditivos, e com uso apenas de brita 1 e areia. Foi utilizado traço estrutural considerando a possível perda de resistência tentando garantir utilizações para fins não estruturais abaixo de 20 MPa. O aglomerante foi o cimento CP V – ARI Premium, alta resistência inicial, para se obter resultados representativos nos primeiros ensaios.

Os agregados miúdos são areias resultantes de rochas britadas, ou areias naturais, material mineral, podendo ser a mistura de ambas, apresentando uma boa distribuição granulométrica, sob a forma de grãos de grossura variável, advindos da desagregação natural.

**Tabela 1 – Determinação do traço para o Concreto 25 MPa prevendo a substituição do agregado miúdo, com os valores em massas.**

Traço para o Concreto em massa propostos para substituição dos agregados 25 Mpa - Relação a/c = 0,6						
Traços	Aglomerante	Agregado Miúdo (kg)		Agregado Graúdo (Kg)	Água (L)	Peso Total (kg)
	Cimento ARI	Areia	Lodo Calcinado	Brita		
Piloto	12,10	25,41	0,00	36,30	7,26	81,07
5% de lodo	12,10	24,14	1,27	36,30	7,26	81,07
10% de lodo	12,10	22,87	2,54	36,30	7,26	81,07
15% de lodo	12,10	21,60	3,81	36,30	7,26	81,07
Soma	48,40	94,02	7,62	145,20	29,04	324,28

### Caracterização térmica do lodo da ETE

Análise termogravimétrica (TGA) foi designada para o trabalho a fim de que se determinasse e compreendesse as características do lodo calcinado, por ser muito utilizada para a caracterização de compostos orgânicos e inorgânicos. A análise mede a variação de massa em função da temperatura devido a uma atmosfera controlada, a vaporização e a decomposição sendo fatores submetidos a uma programação controlada.

Para a análise foi utilizado aparelho SDT Q600 V20.9 Build 20 da TA Instruments® disponibilizado pelo laboratório do Departamento de Física, Química e Biologia da Unesp de Presidente Prudente. A abordagem isotérmica consiste em aquecer uma amostra a uma taxa constante até que a ocorram mudanças de peso.

### Calcinação

A calcinação foi realizada em olaria situada no município de Indiana, interior de São Paulo. A olaria produz cerâmica esmaltada em forno industrial que alcança a temperatura de 1200 °C. A amostra foi submetida a esta temperatura por 15 horas e depois aguardou-se 15 horas para resfriamento.



### **Preparação corpos de prova**

Para moldagem dos corpos de prova seguiu-se a ABNT NBR 5738:2016, preliminarmente os moldes e suas bases foram revestidos internamente com uma fina camada de óleo mineral. Após o adensamento da última camada foi feito o rasamento da superfície com a borda do molde. Os CPs foram identificados e armazenados nas primeiras 24 horas na bancada do laboratório de construção civil da UNOESTE. Após 24 horas da moldagem, os CPs foram desmoldados e levados à câmara úmida do mesmo laboratório, local onde permaneceram até a data de realização do teste de compressão.

### **Slump test**

Ensaios de Slump Test seguiram a ABNT NBR NM 67:1998. Imediatamente após a retirada do molde, mediu-se o abatimento do concreto, determinando a diferença entre a altura do molde e a altura do eixo do corpo-de-prova, que corresponde à altura média do corpo-de-prova desmoldado. A partir dos resultados do slump é possível determinar as Classes de consistência e as aplicações típicas do concreto.



## RESULTADOS OBTIDOS

Tratamento do Lodo, a Tabela 02 abaixo apresenta a redução do lodo a cada etapa que foi submetido até o momento da fabricação do concreto. Estes resultados estão apresentados em massa.

**Tabela 02 – Variação da massa durante processo de preparo do lodo calcinado para utilização como agregado miúdo no concreto.**

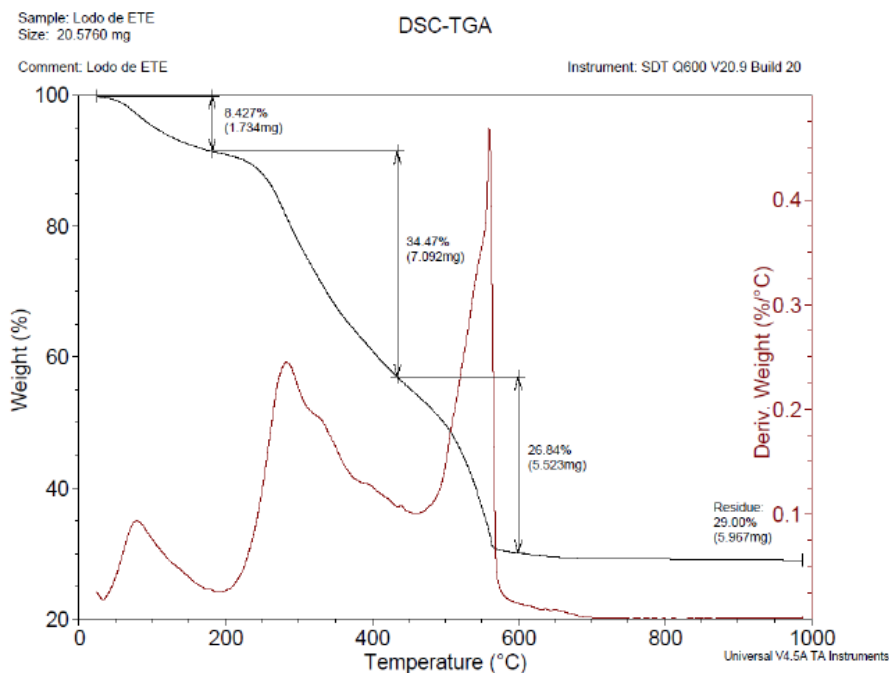
Etapa	Massa Kg	% de Redução Acumulada
Amostra Lodo	164,45	0
Após Secagem	29,46	85,09
Após calcinação	7,78	95,26

É possível verificar na Tabela 02 que aproximadamente 85% do lodo é constituído por água, 10% por matéria orgânica. Após calcinação teve redução de 96% da sua massa inicial.

Por meio das análises de TGA e DSC, na **Figura 01** esta representada as curvas de TGA e sua derivada, que é a curva que corresponde à análise de DSC por apresentar picos e definir perdas de massa. No primeiro momento até 200 °C ocorreu uma diminuição 8,427%, essa porcentagem representa quantidade de água que estava presente na amostra.

A curva demonstra vários decrescimentos de massa, a próxima perda se de 34,47%, com temperatura de 400°C, evidencia a perda de componentes orgânicos mais sensíveis a essa faixa de temperatura. Outra variação de perda de massa de 26,84%, que se relaciona aos componentes mais resistentes à altas temperaturas, provavelmente, sendo interpretado como estruturas ligadas ao carbono.

No final do processo observou massa residual de 29% composto de material inorgânico após varredura de até 1000°C. Porém, nota-se que aos 600°C, toda a matéria orgânica já havia sido queimada, isso se comprova por não obter nenhuma variação de perda de massa ao fim do processo.



**Figura 01 - Representação da variação e perda de massa em função da temperatura durante ensaios TGA, demonstrando ponto de estabilização de perda de massa.**



Durante o ensaio de Slump Test foi observado uma redução nos valores após adição do lodo conforme podemos confirmar na Tabela 03.

**Tabela 03 – Resultados dos ensaios de Slump Test nos concretos ensaiados**

Item	Resultado (cm)
Concreto Piloto	20,0
Concreto com 5% de lodo	16,0
Concreto com 10% de lodo	16,5
Concreto com 15% de lodo	8,0

Durante ensaios de compressão nos corpos de prova de concretos, observou-se um aumento significativo da resistência nos concretos com adição de lodo calcinado em relação ao concreto piloto, confirmado na Tabela 04. Esse aumento significativo da resistência pode ter ocorrido por uma maior aderência dos materiais quando misturados ao lodo calcinado.

**Tabela 04 – Resultado dos ensaios de compressão, em 7, 14 e 28 dias. Em corpos de prova com taxa de substituição de agregado miúdo de 0, 5, 10 e 15% por lodo calcinado.**

% DE LODO	Resistência do Concreto MPa		
	7 dias	14 dias	28 dias
0%	22	23	24
5%	31	32	37
10%	31	32	37
15%	30	33	36

## CONCLUSÕES

A utilização de lodo calcinado em substituição ao agregado miúdo (areia) não comprometeu a resistência do concreto, o efeito foi de aumento das resistências nas porcentagens estudadas de 5, 10 e 15% quando comparadas ao convencional sem adições.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. NBR 5738. Versão corrigida. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. NBR NM 67. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
3. FEDRIZZI, F. Aproveitamento de lodo de esgoto na produção de artefatos de concreto – Tubo de Concreto de Seção Circular. 2012. 205 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.
4. JORDÃO, E.P.; PESSÔA, C.A. Tratamento de esgotos domésticos. 3ª ed. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 1995.