

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
ENGENHARIA CIVIL

LEONARDO ALAN AGUEIRO CHAVES

**ESTUDO DAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS COM A SUBSTITUIÇÃO PARCIAL  
DA AREIA PELA CINZA DO LODO DE ETE**

DOURADOS – MS  
2019

LEONARDO ALAN AGUEIRO CHAVES

**ESTUDO DAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS COM A SUBSTITUIÇÃO PARCIAL  
DA AREIA PELA CINZA DO LODO DE ETE**

Trabalho de Conclusão de Curso, em formato de Artigo Científico, apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Civil no Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

Orientador: Prof.<sup>o</sup> Me. Daniele Araujo Altran.

DOURADOS – MS

2019

## **ESTUDO DAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS COM A SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA AREIA PELA CINZA DO LODO DE ETE**

Leonardo Alan Agueiro Chaves<sup>1</sup>; Daniele Araujo Altran<sup>2</sup>  
engleonardochaves@gmail.com<sup>1</sup>; danieléaltran@ufgd.edu.br<sup>2</sup>;

**RESUMO** - A cinza do lodo da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) é um resíduo decorrente no processo de tratamento de efluentes. Visto que seu descarte em aterros sanitários é pouco eficaz, medidas a esse resíduo vem sendo pesquisadas, sendo uma dessas, a utilização como agregado em argamassas. Neste cenário, o objetivo deste artigo foi avaliar a caracterização da cinza do lodo e analisar as propriedades de argamassas com adição de diferentes teores de cinza do lodo de ETE em substituição à areia. Primeiramente, foi realizada a visita técnica até o local para conhecer o tratamento do esgoto e coletar a amostra, que em seguida passou por um pré-tratamento para secar, queimar e realizar a moagem. Realizou-se a caracterização dos materiais, sendo analisadas as composições granulométricas, a massa específica e a massa unitária. O traço referência escolhido foi 1:3 (cimento:areia), em massa, e os traços comparativos com substituição parcial da areia pela cinza do lodo nas proporções de 5% e 10%, em volume. Finalizando, foram realizados os ensaios do índice de consistência da argamassa, resistência à compressão e massa específica no seu estado endurecido. Com relação à argamassa observou que para todos os traços compostos a resistência à compressão aos 28 dias atingiu valores superiores quando comparados ao traço de referência, tendo um aumento de resistência correspondente a 90% e a 148% para os traços com 5% e 10% de cinza do lodo, respectivamente. Sendo que o traço com 10% de substituição da areia pela cinza apresentou a maior massa específica.

**Palavras-chave:** Construção Civil. Cinza do Lodo. Resíduos.

**ABSTRACT** – The sludge ash Sewage Treatment Plant (STP) sludge ash is a waste resulting from the effluent treatment process. Since its disposal in landfills is ineffective, measures to this waste have been researched, being one of them, the use as aggregate in mortars. In this scenario, the objective of this paper was to evaluate the characterization of sludge ash and to analyze the properties of mortars with the addition of different ash contents of the sludge ash in STP. First, a technical visit was made to the site to learn about the sewage treatment and collect the sample, which then underwent a pre-treatment to dry, burn and grind. The characterization of the materials was performed, being analyzed the particle size compositions, the specific mass and the unit mass. The reference trait chosen was 1: 3 (cement: sand), by

mass, and comparative traits with partial replacement of sand by sludge ash in the proportions of 5% and 10%, by volume. Finally, the tests of mortar consistency index, compressive strength and specific mass in its hardened state were performed. Regarding the mortar, it was observed that for all composite strokes the compressive strength at 28 days reached higher values when compared to the reference trace, with a resistance increase of 90% and 148% for the 5% and 10% traces of sludge ash respectively. The trait with 10% substitution of sand by ash presented the highest specific mass.

**Keywords:** Building construction. Sludge ash. Residues.

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de resíduos sólidos no Brasil gera problemas ambientais de grandes proporções. A essa problemática soma-se vários aspectos como a extensão, a densidade, o desenvolvimento socioeconômico da população, a falta de incentivo pelo governo a estudos e pesquisas que buscam alternativas de uso e de tratamento que minimizem os impactos causados no meio ambiente, e a falta de informações sobre as características dos resíduos gerados nos setores da sociedade (GRIPP, 1998; GODECKE et al., 2012).

No país, segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) 2017, 45,1% dos esgotos do país são tratados, sendo que por região, o índice de tratamento de esgoto é de 52,02% no Centro Oeste.

Os processos de tratamento dos esgotos são formados por uma série de operações unitárias, empregadas para a remoção de substâncias indesejáveis ou para a transformação destas substâncias em outras aceitáveis (JORDÃO; PÊSSOA, 2005). O tratamento de esgoto resulta em duas fases: a primeira, o tratamento do efluente líquido e a segunda, o tratamento dos sólidos restantes do processo, os quais são denominados lodos.

O lodo conforme definido na NBR 10004 (ABNT, 2004) é classificado como resíduo sólido e semissólido, sendo obrigatória sua destinação final adequada, prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei nº 12305 (BRASIL, 2010). Esse material deseja extremo cuidado para ser depositado de volta na biosfera, pois possui substâncias tóxicas que podem contribuir para a degradação do ambiente e o risco de agentes biológicos prejudiciais a saúde, respeitando a resolução CONAMA nº 430 (2011) que dispõem sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes.

O lodo gerado pela Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) muitas vezes não possui local para ser despejado, as alternativas de descartes dos lodos têm sido aterros sanitários, aterros exclusivos, disposição em áreas de reflorestamento e áreas agrícolas. Uma área

que pode ser beneficiada com esse material é a construção civil, ajudando consequentemente o ambiente devido à diminuição da quantidade de resíduo lançada no ambiente e da extração de matéria-prima, reduzindo impactos ambientais.

Por outro lado, a construção civil é uma grande consumidora de matérias primas, visto que a areia e o cimento, extraídas de jazidas naturais pelo método da mineração são utilizadas em qualquer processo de construção. Com o grande uso desses recursos naturais, e com os riscos ambientais inerentes, têm sido realizados estudos para a viabilidade na substituição do agregado miúdo com resíduos de origens diversas (BRAGA; SANTOS, 2016).

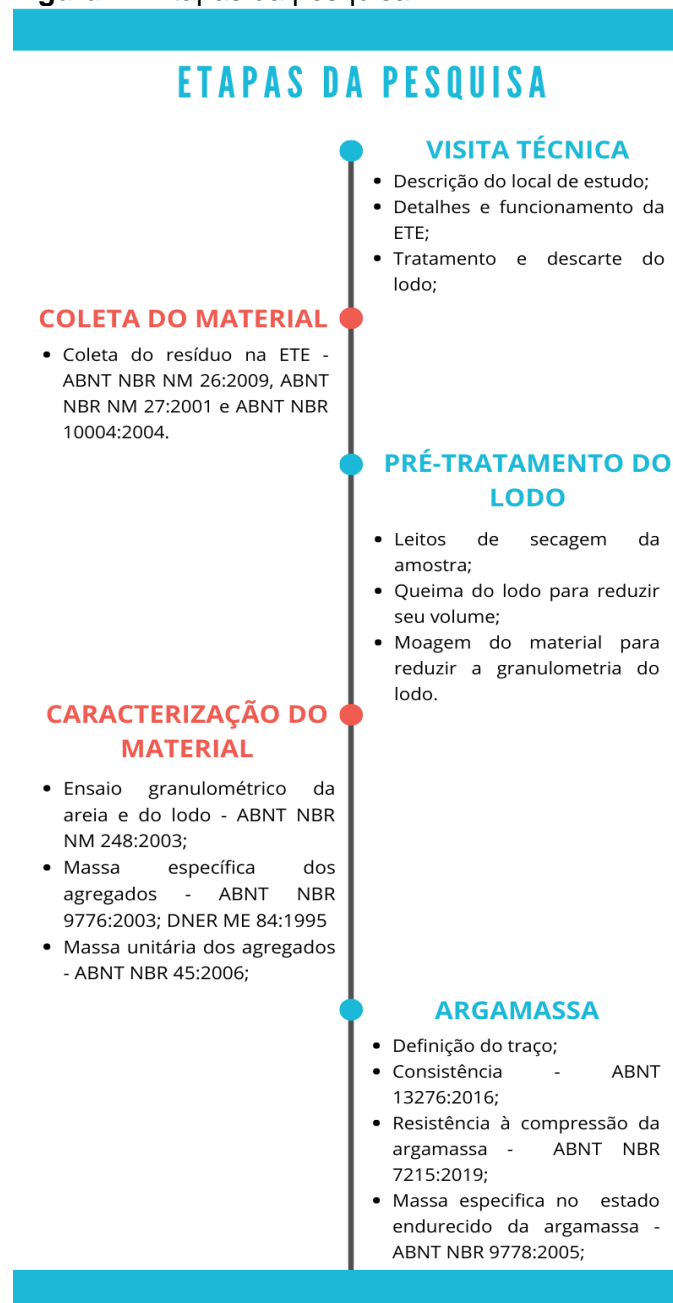
Dentro desse contexto, o objetivo desse trabalho foi desenvolver um estudo das propriedades físicas do lodo da ETE para utilização do mesmo como agregado em argamassas. Em seguida, analisar as propriedades físicas e mecânicas de argamassas com a substituição parcial da areia pelo lodo de ETE e avaliar sua eficiência.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 Descrições das etapas**

Para o desenvolvimento deste estudo foram desenvolvidas as seguintes etapas, conforme Figura 1:

**Figura 1 - Etapas da pesquisa**



Fonte: Autor, (2019).

## 2.2 Visita técnica a Estação de Tratamento de Esgoto

Em Dourados há 4 estações de sistema de esgotamento sanitário. Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico de Dourados, as ETEs são as unidades operacionais de um sistema de esgotamento sanitário, que por meio de processos físicos, químicos ou biológicos realizam a remoção das cargas poluidoras do esgoto, de forma a garantir ao ambiente um produto final (efluente tratado) em conformidade com os padrões exigidos pelas legislações ambientais vigentes. A ETE Guaxinim foi fundada em 1994 e ocupa uma área de aproximadamente 4,1 ha, sendo a maior da cidade com capacidade de realizar o tratamento de uma vazão nominal de 120 L/s.

A visita técnica realizada na Estação de Tratamento de Esgoto Guaxinim localizada em Dourados – MS teve a finalidade de coletar o resíduo e conhecer todo seu processo desde a chegada dos sólidos até ao tratamento do lodo gerado pelo mesmo.

O tratamento realizado na ETE visitada é subdividido em 3 partes: tratamento preliminar, tratamento secundário e tratamento do lodo. O tratamento preliminar constitui-se por processos físicos, subdividindo-se em duas etapas. A primeira etapa é a de gradeamento (Figura 2.a), na qual ocorre a retirada dos sólidos grosseiros. O material é retido através das barras de ferro que possui espaçamento entre 1,0 e 4,0 cm. A segunda etapa do tratamento preliminar é a desarenação (Figura 2.b), formado por 2 canais para coletar os sólidos sedimentáveis que atravessam o sistema de gradeamento.

Após o tratamento preliminar é feita uma análise laboratorial para verificar o controle do pH do esgoto recebido. O pH ideal, de acordo com técnico da ETE está na faixa de 7,0 a 7,1 e se apresentar valor muito abaixo desta faixa, é realizada a adição de cal hidratada, com o objetivo de aumentar o valor do pH.

**Figura 2** – Etapas do tratamento da ETE – Guaxinim: Tratamento Preliminar



**2.a - Gradeamento**



**2.b - Desarenação**

Fonte: Autor, (2019).

No tratamento secundário é realizada a remoção de matérias orgânicas através de reações bioquímicas, através da queima dos gases gerado pelos reatores anaeróbios. Ela é dividida em três etapas: primeiramente ela passa pelo Reator Anaeróbio de Leito Fluidizado (RALF) (Figura 3.a), na ETE Guaxinim existem 3 reatores RALF, possuindo uma capacidade nominal de 40 L/s cada reator. De acordo com Von Sperling (1996) os reatores anaeróbios possuem uma eficiência de 60 a 80% para remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Em seguida, o efluente é destinado ao Filtro Biológico Aeróbio (FBA) (Figura 3.b), com capacidade nominal de tratamento de 120 L/s, com hastes giratórias distribuindo águas residuárias por todo o filtro, que tem como finalidade auxiliar a remoção da matéria orgânica que não é retirada nos reatores RALF. Após essa etapa, o efluente passa para o decantador secundário (Figura 3.c) onde atua como um clarificador do

efluente proveniente do FBA, removendo sólidos em suspensão e evitando que o material orgânico seja despejado nas margens do córrego Rego d'Água, onde ele é despejado.

**Figura 3 – Tratamento Secundário**



**3.a - Reator RALF**



**3.b - Filtro Biológico Aeróbico**



**3.c - Decantador Secundário**

Fonte: Autor, (2019).

Por último, no processo de tratamento do lodo gerado pelos efluentes nas etapas acima, é feita uma secagem natural do lodo, dentro de seus 14 leitos de secagem (Figura 4) existente na ETE que seguirá como destino final o aterro sanitário da cidade, segundo a empresa contratada para realizar o tratamento do lodo em Dourados, LOG Engenharia informou.

**Figura 4 – Tratamento do Lodo**



**4 - Leitos de Secagem**

Fonte: Autor, (2019).

### **2.3 Coleta do material**

A coleta foi realizada no dia 2 de agosto de 2019, na própria ETE, seguindo a segurança com o uso de máscaras e luvas devido a riscos biológicos contidos no material. Foi coletado um total de 36,8 kg do resíduo.



**Figura 5 – Coleta do material**



Fonte: Autor, (2019).

## **2.4 Pré-tratamento do lodo**

O resíduo coletado na ETE encontrava úmido pelo fato do material ser depositado nos leitos de secagem poucos dias antes da coleta. Após a coleta, o lodo precisou ficar 10 dias em secagem natural para realização da queima do mesmo. Em seguida, realizou sua queima em uma fábrica de cerâmicas, localizada em Dourados – MS, através de seus fornos a uma temperatura em torno de 600 °C para redução do seu volume, eliminar toda a água do lodo, eliminar materiais orgânicos e agentes patogênicos. Finalizando o pré-tratamento, realizou a moagem do lodo em um moinho de bolas no Laboratório de Engenharia de Produto e Processo (LEPP) da UFGD, para redução da sua granulometria.

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

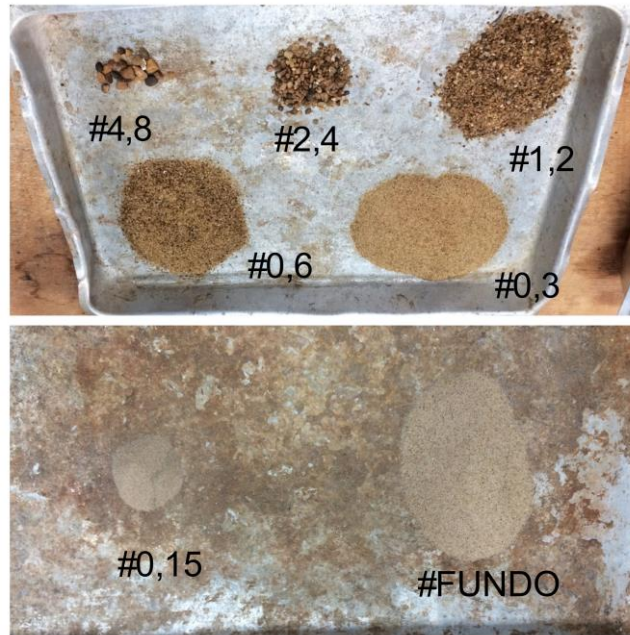
### **3.1 Caracterização do material**

#### **3.1.1 Distribuição granulométrica**

Após o pré-tratamento do lodo, foram realizados os ensaios para análise da distribuição granulométrica da areia e do lodo.

A representação da quantidade retida de areia em cada peneira é mostrada na Figura 6.

**Figura 6 – Areia retida em cada peneira**



Fonte: Autor, (2019).

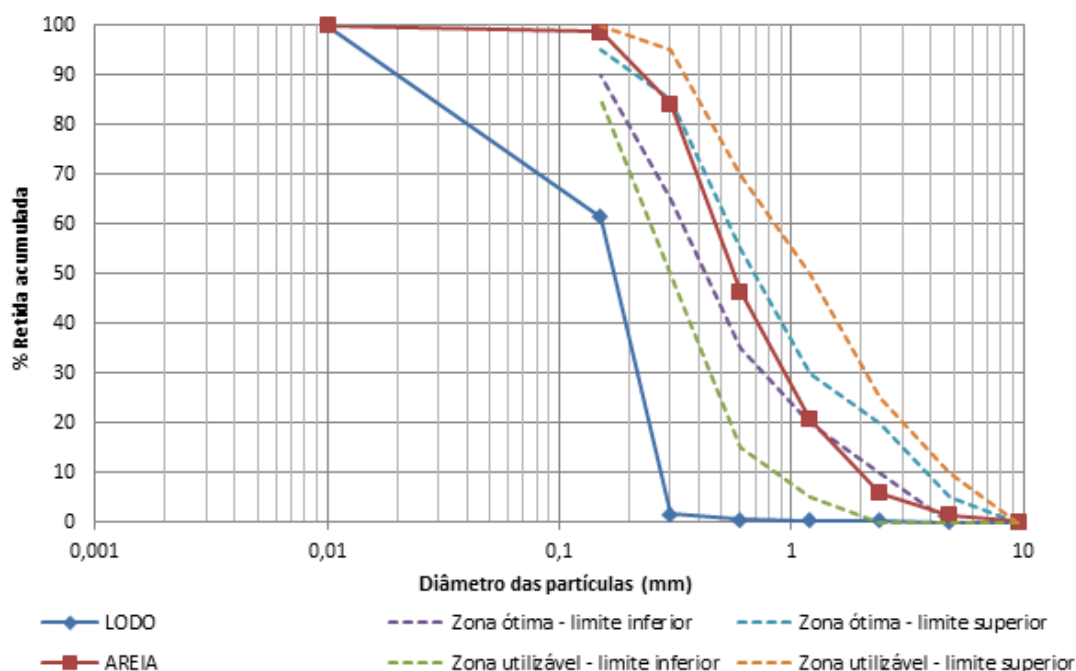
A representação da quantidade retida de lodo em cada peneira é mostrada na Figura 7.

**Figura 7 – Cinza do lodo retida em cada peneira**



Fonte: Autor, (2019).

Foram determinadas as composições granulométricas da cinza do lodo e da areia média utilizada. Os resultados se encontram dispostos no gráfico da Figura 8 e são comparados com os limites da NBR 7211 (ABNT,2009).

**Figura 8** - Curvas granulométricas do lodo, da areia e composições comparadas aos limites da norma

Fonte: Autor, (2019).

Ao analisar a Figura 8 é possível verificar que a curva da cinza do lodo está quase toda abaixo do limite inferior da zona utilizável e a curva da areia apresenta a maior parte dentro dos limites da zona ótima. Percebe-se com isso que a cinza do lodo não pode substituir completamente a areia como agregado.

Foram determinadas também a dimensão máxima característica (DMC) do agregado, o módulo de finura (MF) e o coeficiente de uniformidade (U). Os resultados estão dispostos na Tabela 1.

**Tabela 1** - Coeficientes e classificações do agregado de acordo com a composição granulométrica

Agregado	DMC (mm)	MF	U	Classificação (U)
Areia	4,8	2,58	3,0	Uniforme
Cinza do Lodo	0,3	0,65	9,5	Medianamente uniforme

Fonte: Autor, (2019).

Analisando os resultados encontrados na Tabela 1 pode-se notar que o DMC da cinza do lodo é inferior a da areia. O MF pela NBR 7211 (ABNT, 2009), classifica a zona do agregado de acordo com os limites dados, desse modo, o módulo de finura da areia está dentro do limite estabelecido para a zona ótima, que varia de 2,90 a 3,50 e o MF da cinza

do lodo não se encontra dentro de nenhum limite estabelecido pela zona, justificando a inviabilidade de uma substituição completa da cinza do lodo pela areia como agregado em argamassas.

A classificação quanto ao coeficiente de uniformidade segundo a NBR 6502 (ABNT, 1995), mostrou que a areia é uniforme, devido ao U ser menor que 5, e a cinza do lodo ser medianamente uniforme pelo fato do U se encontrar entre 5 e 15.

### 3.1.2 Massa específica e massa unitária

Os resultados do ensaio de massa específica e de massa unitária de cada material estão na Tabela 2.

**Tabela 2** - Massa específica e massa unitária de cada material

<b>Material</b>	<b>Massa específica (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Massa unitária (g/cm<sup>3</sup>)</b>
<b>Cimento</b>	-	0,89
<b>Areia</b>	2,6	1,64
<b>Cinza do lodo</b>	2,48	0,81

Fonte: Autor, (2019).

É possível notar que a cinza do lodo é um agregado mais leve que a areia, a Tabela 3 evidencia que a massa específica e a massa unitária da cinza do lodo equivalem, aproximadamente, a 95% e 49% das respectivas massas da areia.

## 3.2 Argamassa

### 3.2.1 Definição do traço

Para o estudo da análise da cinza do lodo, foi utilizada uma argamassa com traço de referência 1:3 (cimento:areia), em massa. A partir deste, foram produzidas argamassas com substituição de 5% e 10% em volume da areia natural pela cinza do lodo. O traço em volume correspondente utilizado foi 1:1,63 (cimento:areia).

A Tabela 3 mostra as quantidades de materiais utilizados em cada traço. A quantidade de água variou de acordo com o índice de consistência pré-estabelecido de 22±1cm.

**Tabela 3** - Quantidade de materiais por traço

Traço	Cimento (g)	Areia (g)	Cinza do lodo (g)	Água (ml)
<b>Referência</b>	1170	3500	0	720
<b>Cinza do Lodo 5%</b>	1170	2270	60	500
<b>Cinza do Lodo 10%</b>	1170	2150	120	450

Fonte: Autor, (2019).

As moldagens dos corpos de prova cilíndricos (5cmx10cm) foram realizadas conforme a NBR 7215 (ABNT,2019).

### 3.2.2 Consistência da argamassa

O índice de consistência da argamassa foi fixado em  $22 \pm 1$  cm. Portanto, a água foi adicionada aos poucos até a verificação da consistência obtida de acordo com a NBR 13276 (ABNT, 2016). Os resultados estão descritos na Tabela 4 e na figura 9.

**Figura 9** – Consistência da argamassa

Fonte: Autor, (2019).

**Tabela 4** - Resultados do índice de consistência para cada traço

Traço	Índice de Consistência (cm)
<b>Referência</b>	23
<b>Cinza do Lodo 5%</b>	23
<b>Cinza do Lodo 10%</b>	21

Fonte: Autor, (2019).

### 3.2.3 Resistência à compressão

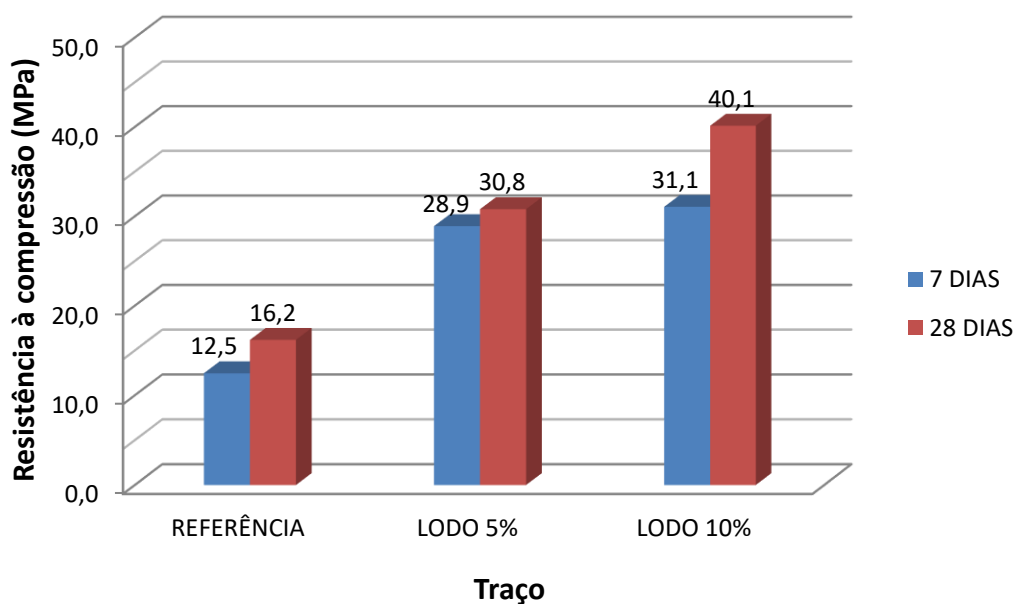
As resistências de ruptura à compressão das argamassas para cada traço estão descritas na Tabela 5, juntamente com o desvio padrão correspondente, e ilustradas no gráfico da Figura 10. Foi realizado 4 corpos de provas para cada traço nas duas idades analisadas.

**Tabela 5** – Resistência à compressão média e desvio padrão aos 7 e 28 dias

Traço	Resistência à compressão média – 7 dias (MPa)	Desvio padrão (MPa)	Resistência à compressão média – 28 dias (MPa)	Desvio padrão (MPa)
Referência	12,5	1,85	16,2	1,28
Cinza do Lodo 5%	28,9	0,61	30,8	4,58
Cinza do Lodo 10%	31,1	0,78	40,1	3,59

Fonte: Autor, (2019).

**Figura 10** - Resistência à compressão da argamassa aos 7 e 28 dias



Fonte: Autor, (2019).

Os resultados mostrados na Tabela 5 e na Figura 10 mostram que nas duas idades analisadas as resistências à compressão dos traços compostos com a cinza do lodo apresentam maiores resultados do que a referência. E entre os traços com a cinza do lodo de 10% de substituição apresenta um valor médio (31,1 MPa) maior que os outros aos 7 dias e também aos 28 dias com um valor médio (40,1 MPa).

Comparando a resistência aos 28 dias dos traços com 5% e 10% da cinza do lodo com o traço de referência pode-se observar um aumento com cerca de 90% e 148% respectivamente.

A Figura 11 mostra os corpos de prova após o rompimento aos 7 dias.

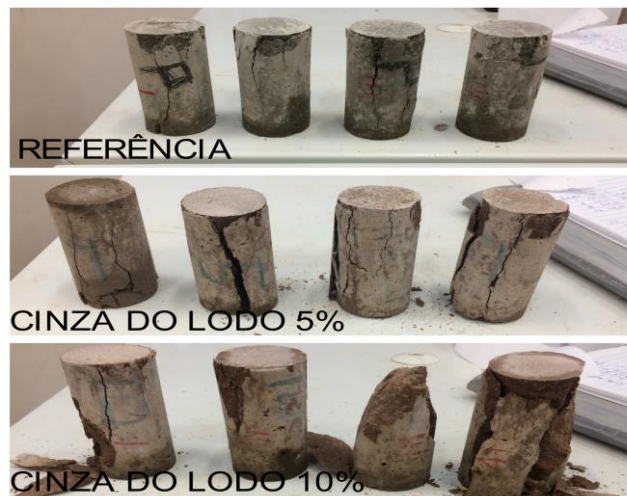
**Figura 11** – Rompimento aos 7 dias dos corpos de prova



Fonte: Autor, (2019).

A Figura 12 mostra os corpos de prova após o rompimento aos 28 dias.

**Figura 12** – Rompimento aos 28 dias dos corpos de prova



Fonte: Autor, (2019).

### 3.2.4 Absorção de água, índice de vazios e massa específica da argamassa

Através da NBR 9778 (ABNT, 2005) obteve a absorção de água e o índice de vazios no seu estado endurecido conforme é mostrado na Tabela 6.

**Tabela 6** – Absorção de água e índice de vazios da argamassa

<b>Traço</b>	<b>Absorção de água (%)</b>	<b>Índice de vazios (%)</b>
<b>Referência</b>	9,71	10,18
<b>Cinza do Lodo 5%</b>	8,36	9,13
<b>Cinza do Lodo 10%</b>	8,99	9,79

Fonte: Autor, (2019).

Foi possível notar que a absorção de água no traço referência para o traço de 5% e 10% houve uma diminuição de 14% e 8% respectivamente. Quanto ao índice de vazios, percebeu-se que para ambas as substituições teve uma diminuição de vazios comparado ao traço de referência nos valores de 11% e 4% com as cinzas do lodo de 5% e 10%. No trabalho o traço com a substituição pela cinza do lodo de 5% foi a teve menor absorção de água e de índices de vazio.

A massa específica da amostra saturada, determinada de acordo com a norma NBR 9778 (ABNT, 2005), têm os resultados para cada traço demonstrados na tabela 7.

**Tabela 7** - Massa específica da argamassa saturada no estado endurecido

<b>Traço</b>	<b>Massa específica da amostra seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Massa específica da amostra saturada (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Massa específica real (g/cm<sup>3</sup>)</b>
<b>Referência</b>	1,05	1,15	1,17
<b>Cinza do Lodo 5%</b>	1,09	1,18	1,20
<b>Cinza do Lodo 10%</b>	1,09	1,19	1,21

Fonte: Autor, (2019).

Conforme pode-se verificar na Tabela 7 os resultados da massa específica saturada da argamassa referentes ao traço de referência e aos traços com 5% e 10% de substituição da areia pela cinza do lodo são maiores e a diferença entra os dois traços com substituições foi mínima no valor de 4% para ambas na amostra seca, na amostra saturada e na amostra real comparado a referência.

#### 4 CONCLUSÃO

A utilização da cinza do lodo para a realização de argamassa apresenta uma alternativa para o aproveitamento desse resíduo, sendo gerado pela Estação de Tratamento de Esgoto, que com sua aplicação terá uma destinação efetiva, e



simultaneamente uma menor utilização da areia, reduzindo o impacto ambiental da extração desse material.

No desenvolvimento deste trabalho, verificou-se que apesar de utilizar uma pequena porcentagem de substituição da areia (5% e 10% em volume), a quantidade de lodo retirada in loco, é muito superior, pois o lodo é em média 64,6% (COSTA ET AL., 2014) composto de água e 69,4% (FREDDO, 2014) matéria orgânica.

Devido a falta de equipamentos do laboratório para a execução da NBR NM 52 (ABNT, 2009) para a determinação da massa específica, teve que alterar para a NBR 9776 (ABNT, 2003) e a ME 84 (DNER, 1995) para a realização do ensaio de massa específica da areia e do lodo.

A massa específica e a massa unitária da cinza do lodo, ambas, são menores comparadas a da areia, levando em consideração que a utilização de um agregado com massa específica representativamente menor contribui para uma argamassa mais leve. A importância de se conhecer a massa unitária vem da necessidade, na definição do traço de argamassa, em transformar um traço em massa para volume. Ambas as massas foram necessárias para realizar a definição do traço, porém a massa específica do cimento não influenciaria nos resultados do traço e devido a falta de equipamentos do laboratório, ela não foi realizada.

No estado endurecido, a resistência do traço de referência aos 28 dias foi 16,2 MPa e verificou que os dois traços compostos com a cinza do lodo atingiram valores superiores àquele. De modo que se observou um aumento de resistência correspondente aproximadamente a 90% e a 148% respectivamente comparado a referência.

Na argamassa endurecida a absorção de água e o índice de vazios está diretamente relacionada com a quantidade de água colocada no traço, porém a que obteve esses parâmetros menores foi com a substituição de 5%. Já as massas específicas da argamassa reduziram com o aumento da relação água/cimento.

Portanto, ao final é possível afirmar que a substituição parcial da areia pela cinza do lodo nas proporções estudadas, em um traço de uma matriz cimentícia de 1:3 (cimento:areia) dado em massa, se mostrou eficiente, visto que apresentou melhora em diversos aspectos físicos e que resultou também em uma melhora dos aspectos mecânicos da argamassa. Sendo o recomendado para o uso em contrapiso, blocos e placas de vedação, calçadas e pavimentos residenciais entre outras aplicações que não sejam estruturais (MACIEL; MACHADO, 2015).

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela força e discernimento recebido durante essa etapa, todos os meus familiares e amigos que estiveram comigo dando apoio durante a realização desse trabalho, aos técnicos do Laboratório de Engenharia de Produto e Processo (LEPP) da UFGD, a Sanesul e a LOG Engenharia pelo material e dados fornecido e a orientadora Daniele por todo esforço, conhecimento transmitido e dúvidas esclarecidas.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados - Amostragem. NBR NM 26.** Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. NBR NM 27.** Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Resíduos sólidos - Classificação. NBR 10004.** Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados - Determinação da composição granulométrica. NBR NM 248.** Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. NBR 9776.** Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. NBR 45.** Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados para concreto - Especificação. NBR 7211.** Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. NBR 9778.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Rochas e solos. NBR 6502.** Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. NBR 7215.** Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. NBR 13276.** Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente. NBR NM 52.** Rio de Janeiro, 2009.

BRAGA, Laís Sant'ana; SANTOS, Maria Victória Bello Padovam dos. **Análise das propriedades físicas e mecânicas de argamassa mista utilizando as cinzas do bagaço da cana-de-açúcar.** 2016. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2016.

BRASIL. Lei nº 12305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 ago. 2010.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução 430: Complementa e altera resolução 357.** Ministra Izabella Mônica Vieira Teixeira, DF: Ministério do Meio Ambiente, 16 mai. 2011. 8 p.

COSTA, V. L.; MARIA, I. C. de; CAMARGO, O. A.; GREGO, C. R.; MELHO, L. C. A. **Distribuição espacial de fósforo em latossolo tratado com lodo de esgoto e adubação mineral.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.8, n.3, p. 287-293, 2013.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Agregado miúdo – Determinação da densidade real.** DNER ME 84. 1995.

FREDDO, Alessandra. **Caracterização físico-química de lodo proveniente de duas estações de tratamento de esgoto da região oeste do Paraná.** 2014. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4475/1/MD\\_COEAM\\_2014\\_2\\_01.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4475/1/MD_COEAM_2014_2_01.pdf)>. Acesso em: 09 nov. 2019.

FREITAS, Yasmin Ribeiro. **Estudo do comportamento de argamassas cimentícias e geopoliméricas com a incorporação de resíduo de ETA.** 2018. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Infraestrutura, Centro Tecnológico de Joinville, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2018.

GODECKE, M. V. et al. **O consumismo e a geração de resíduos sólidos no Brasil.** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia ambiental. 2012. p. 1700-1712. v. 8.

GRIPP, W. G., **Aspectos técnicos e ambientais da incineração de resíduos sólidos urbanos – Considerações sobre a proposta para São Paulo.** Dissertação de M.Sc., UFSCAR, São Carlos, SP, Brasil, 1998.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos.** 4. ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. 932 p.

MACIEL, P. R.; MACHADO, L. R. **Alternativas para a utilização de lodo das estações de tratamento de água (eta) como agregado na construção civil.** Revista Acadêmica Oswaldo Cruz, São Paulo, v. 7, n. 2, p.2-5, set. 2017. Disponível em: <[http://revista.oswaldocruz.br/Content/pdf/Edicao\\_7\\_Patricia\\_maciel.pdf](http://revista.oswaldocruz.br/Content/pdf/Edicao_7_Patricia_maciel.pdf)>. Acesso em: 02 nov. 2019

MUSSE, Cybelle Luiza Barbosa. **Avaliação das potencialidades da cinza de lodo de esgoto da ETE Goiânia como adição mineral na produção de argamassa de cimento portland.** 2007. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em

Engenharia do Meio Ambiente, Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.

RIBEIRO, Rodolfo Faquini. **Estudo de dosagem de lodo de ETA em argamassa**. 2012. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Câmpus Campo Mourão, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2012.

SANESUL. **Empresa de Saneamento do Mato Grosso do Sul**. Informações. Disponível em: [www.sanesul.ms.gov.br](http://www.sanesul.ms.gov.br). Acesso em: 2019.

SANTOS, Fernanda Pasini dos. **Estudo da incorporação do lodo de ETA em argamassa**. 2016. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2016.

TAFAREL, Nathann Francisco et al. **Avaliação das propriedades do concreto devido à incorporação de lodo de estação de tratamento de água**. Matéria (Rio de Janeiro), [s.l.], v. 21, n. 4, p.974-986, dez. 2016. FapUNIFESP (SciELO).

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte, UFMG. v.2. 1996.