

## **USO DO LODO DE TRATAMENTO DE ÁGUA EM COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS**

Vinícius R. de Oliveira<sup>1</sup> (IC), Valquíria C. dos Santos(PQ)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Itajubá

**Palavras-chave:** Lodo, Argamassa Auto-Adensável, Substituição

### **Introdução**

A estação de tratamento de água (ETA) é o componente básico do sistema de abastecimento de água. Nela são removidas as partículas finas em suspensão e solução presentes na água bruta por meio de processos físico-químico de coagulação. Normalmente são utilizados como coagulantes sais de ferro ou alumínio, que formam flocos com hidróxidos insolúveis e são removidos em decantadores e, em menor quantidade, em filtros. Nos processos e operações unitárias empregadas na estação, é produzido como resíduo o lodo, que deposita em decantadores e água para limpeza de filtros, bem como para limpeza periódica de flocculadores e para preparação de soluções de produtos químicos ou suspensões de tanque de água segundo a Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010) é classificado como resíduo sólido, e, portanto, deve ser tratado antes de sua disposição final. NBR 10.004/2004 (ABNT, 2004), o lodo de ETA se enquadra como Resíduo Sólido Classe IIA – Não Inerte; Lei n. 9.605 (BRASIL, 1998);

O tipo mais comum de estação de tratamento de água no Brasil é uma estação de tratamento de água convencional, que inclui os processos de coagulação, floculação, decantação e filtração, onde o lodo de tratamento de água é gerado na unidade de decantação e filtração (TAFAREL, 2016). O aumento da demanda de água leva ao aumento da geração de lodo, resultando na necessidade de mais espaço para descartar os resíduos. Os métodos de disposição final de resíduos mais proeminentes são disposição no solo, aterros sanitários, incineração e matérias-primas em algumas indústrias, mas esses processos causam poluição do solo, exigem monitoramento e são caros, além de causarem impactos ambientais (ex. riscos à saúde humana e ao meio ambiente), esses procedimentos não são aplicados na maioria das ETAs brasileiras.

A substituição parcial do cimento por LTA na produção de materiais de construção reduz o preço desse material de construção e proporciona uma forma ambientalmente correta de destinar esses resíduos (ALQAM et al., 2011). Além disso, o uso do LTA em

argamassa ou concreto ajuda a reduzir o lançamento desse resíduo no meio ambiente e reduz a extração de matéria-prima para a construção civil. Portanto, este trabalho tem como objetivo analisar a substituição parcial do cimento por LTA na produção de AAA, também tem como objetivo comparar as variações físicas entre LTA decantado e LTA filtrado na produção de argamassa.

Este artigo tem como objetivo analisar as consequências da substituição parcial do cimento por lodo de tratamento de água do Decantador (LTAD) nas argamassas auto adensáveis (AAA). Devido à grande utilização de recursos naturais na construção civil e a consequente degradação ambiental ocasionada na produção dos materiais, a utilização do LTA como insumo construtivo pode ser uma opção, diversificando a matéria prima para as construções e tornando útil um material de descarte, no caso o LTAD. Neste estudo, analisou-se a substituição do cimento em 2,5% e 10% pelo LTA da cidade de Itajubá em Minas Gerais. O resíduo foi coletado, filtrado, seco e moído, para que pudessem ser realizadas as análises granulométricas e inserção dos dados no software de empacotamento de partículas EMMA. Em relação à argamassa, foram verificadas as propriedades em estado fresco, por intermédio dos ensaios de espalhamento e escoamento, em que todos os traços puderam ser definidos como auto adensáveis. Referente às propriedades mecânicas, foi realizado o teste de compressão após 28 dias de cura. As resistências mecânicas apresentaram um aumento de 27,3% e de 30,6% para os corpos-prova com adição respectivamente de 2,5% e de 10% de LTAD. Os resultados obtidos reforçam a necessidade de mais estudos acerca do tema, mantendo a possibilidade do uso do LTA na construção civil.

### **Metodologia**

O lodo foi coletado nos decantadores da Estação de Tratamento de Água (ETA) de Itajubá, Minas Gerais. Após a obtenção do lodo, ele se apresenta em forma líquida, então ele é filtrado, seco e moído para atingir a

forma final para trabalhar conforme (Figuras 1 a 4). Nesse processo, o LTA adquiriu a aparência de pó.

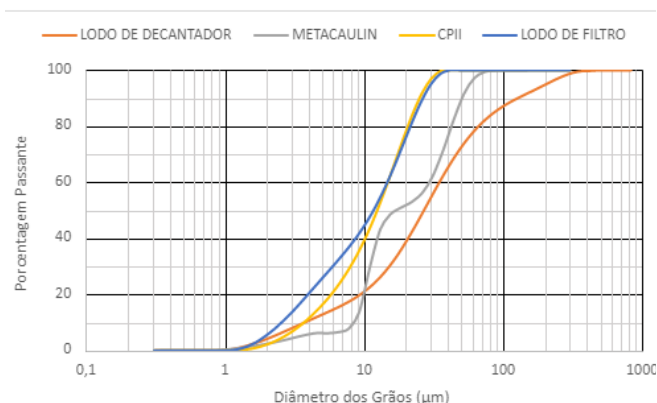
Figuras 1 a 4 - LTA líquido; LTA no filtro; LTA seco; e LTA moído.



Fonte: Autoria própria

Após os processos de coleta, secagem e moagem do LTA, este foi submetida à granulometria por difração a laser (realizada com o equipamento Mastersizer da Malvern Instruments) e, considerando que o lodo substituiria parte do cimento, foi realizado o ensaio para obtenção do específico massa, utilizando o padrão proposto para a massa específica de cimento. Para analisar a preparação do AAA, foi utilizado o software *Elkem Materials Mixture Analyzer* (EMMA). Para realizar o procedimento, foram inseridas as características correspondentes do cimento, metacaulim, agregado fino e LTA, como quantidade de material em cada mistura, massa específica e tamanho de grão. Após a colocação dos dados, o software gerou um plot e uma tabela de dados com a distribuição das partículas em função do seu diâmetro. Assim, foi obtida uma comparação entre a mistura utilizada e a mistura ótima fornecida pelo software, que busca o melhor empacotamento de partículas.

Figura 5 – Granulometria dos materiais.



Fonte: Autoria própria

Em relação à dosagem da AAA, optou-se pelo processo aplicado por Brachini et al. (2020), que consiste no método de Gomes, o qual é usado nos concretos auto adensáveis (CAA). Tal método, propõe que a fluidez e a viscosidade da pasta comandem o comportamento do concreto, considerando que a composição da mesma é definida pela quantidade de cimento e das relações entre os componentes e a massa do cimento, sendo que tais relações são determinadas a partir das propriedades esperadas do concreto, e os agregados são escolhidos por intermédio da densidade da mistura que possua o menor teor de vazios (GOMES, BARROS, 2009).

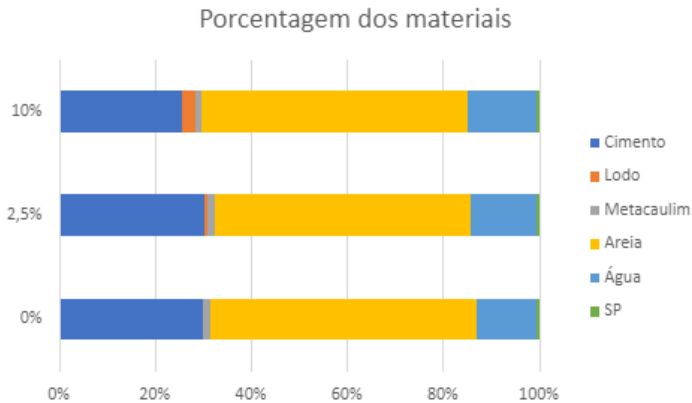
Com o procedimento de dosagem finalizado, teve-se o início da preparação da mistura, que pode ser observada na tabela 1:

Tabela 1 – Processo de mistura.

Tempo	Material da mistura	Etapas da mistura
1 minuto	Cimento, metacaulim, areia e tijolo moído (ou piso) +	Adicionar os sólidos da mistura com 80% do volume total de água.
	80% do volume total de água	
1 minuto	_____	Misturar a argamassa.
1 minuto	20% do volume total de água + superplastificante	Descanso da argamassa, desgrudando manualmente as partes presas no fundo. Adicionar o restante da água com o superplastificante.
5 minutos	_____	Misturar novamente a argamassa.
1 minuto	_____	Descanso da argamassa, desgrudando manualmente as partes presas no fundo.
1 minuto	_____	Misture novamente na argamassa.

Fonte: Autoria própria

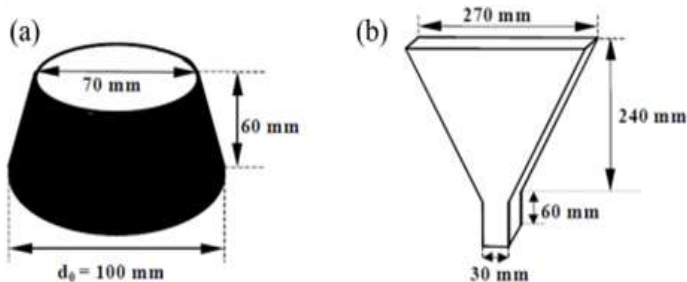
Figura 6 – Proporção dos materiais.



Fonte: Autoria própria

Para o ensaio de espalhamento da mistura é utilizado o mini slump (Equipamento da esquerda na figura 7) que é apoiado sob uma superfície reta, e em seguida colocado a mistura dentro do equipamento até preencher totalmente da mistura em seu estado fresco no seu interior sem que transborde, ao preencher é retirado o mini slump de forma mais uniformemente possível, sem que interfira o espalhamento.

Figura 7: Equipamentos para os ensaios no estado fresco. (a) mini slump, (b) funil-V.



Fonte: OKAMURA, OUCHI (2003).

## Resultados e discussão

Para o estado fresco os ensaios foram: Mini slump e Funil - V, os testes foram feitos com porcentagens de 0%, 2,5% e 10% de adição de lodo. No teste do Mini Slump, para os acréscimos de 2,5% e 10% do LTA houve, respectivamente, aumento de 2% e de 1,6%. Enquanto para o teste do Funil - V também, houve modificações nas propriedades de escoamento, sendo que para os 2,5% e 10% de LTA ocorreu um decréscimo

significativo de 22,5% e 40,7%, isso se deve a utilização do lodo que a medida que foi adicionado, houve uma piora conforme mostra a tabela 2:

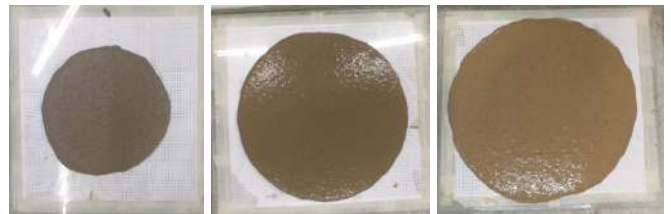
Tabela 2 – Ensaio estado fresco.

	0%	2,5%	10%	Referência
Mini Slump (mm)	274,5	280,0	279,0	200 mm a 280 mm
Funil - V (s)	9,43	7,31	5,59	3,5 s a 10,0 s

Fonte: Autoria própria

As figuras de 8 a 10 mostram como ficaram as misturas com a adição de respectivamente, 0%, 2,5% e 10% no teste de Mini Slump.

Figuras 8, 9 e 10 : Ensaio Mini Slump



Fonte: Autoria própria

A Tabela 3 permite de forma mais sucinta analisar a diferença da AAA comum com a Argamassa com adição de LTAD. Para entender a mudança das características físicas é necessário comparar os resultados entre os CP's de diferentes quantidades de lodo, sendo estudado com 0%, ou seja, sem LTAD para servir de parâmetro para estudo, com 2,5%, e com 10%.

O resultado para a adição de 2,5% e para adição 10% de LTAD foi de, respectivamente, aumento de 27,3% e 30,6% de resistência à compressão quando comparado ao modelo base de 0% de LTAD.

Tabela 3 – Ensaio estado endurecido.

	0%	2,5%	10%
Tensão de ruptura (MPa)	32,229	41,038	42,095

Fonte: Autoria própria

## Conclusões

Este trabalho tem o objetivo de estudar as características da argamassa autoadensável de cimento Portland com a adição de lodo de estação de tratamento de água do decantador. As seguintes conclusões podem ser tiradas:



No estado fresco, a incorporação de LTA causou ligeiras modificações nas propriedades de espalhamento. No teste do Mini Slump, para os acréscimos de 2,5% e 10% do LTA houve, respectivamente, aumento de 2% e de 1,6%. Enquanto para o teste do Funil - V também, houve modificações nas propriedades de escoamento, sendo que para os 2,5% e 10% de LTA ocorreu um decréscimo significativo de 22,5% e 40,7%, isso se deve a utilização do lodo que a medida que foi adicionado, houve uma piora. No estado endurecido quanto à resistência à compressão para 2,5% e 10% de LTAD foi observado um aumento de 27,3% e 30,6%.

Por meio dos resultados e análise da literatura, os autores recomendam cautela no uso de LTA em materiais cimentícios. Uma vez que há uma grande perda de propriedades mecânicas e uma piora nas propriedades físicas mostrada pelos mesmos, concluindo que ao substituir em certas quantidades de lodo pode ocorrer mudanças nas características físicas tornando inviável em muitos casos. Ao contrário do estudo apresentado neste trabalho em que mostra apenas melhorias quando se trata de adição de LTAD na AAA, que revelou ser efetiva ao aumentar a resistência à compressão. Assim, o uso de LTA em argamassas pode ser feito em aplicações não estruturais e em ambientes não agressivos, dada a alta absorção de água e índice de vazios apresentados pelas argamassas com LTA. com teores de LTA inferiores a 10%, para obter um material com LTA mas com perda mínima de propriedades no estado endurecido. Outro importante campo de estudo é a análise da durabilidade de argamassas com LTA. Para sugestões de trabalhos futuros sugere-se investigar a microestrutura e relacioná-la com as propriedades físicas e mecânicas. O estudo deste trabalho visa a utilização de LTA do Decantador na AAA com foco no comportamento de resistência à compressão, e foi satisfatório a incorporação de 2,5% e 10% do LTAD aumentando consideravelmente nos dois casos.

### Agradecimento

Agradeço a Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI por mais uma oportunidade e pelo financiamento da bolsa PIBIC

### Referências

ABNT NBR7215, Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996, pp. 1–8.

ABNT NBR 13279, Argamassa Para Assentamento E Revestimento - Determinação Da Resistência à Tração Na

Flexão E Compressão. Rio de Janeiro, 2005, pp. 3–4.

ALQAM, Maha; JAMRAH, Ahmad; DAGHLAS, Haya. Utilization of cement incorporated with water treatment sludge. *Jordan Journal of Civil Engineering*, v.5, n.2, 2011.

CAMARINI, G. et al. Water treatment sludge and rice husk ash to sustainable geopolymer production. *Journal of Cleaner Production*, v. 149, p. 146 – 155 15, 2017.

FRANCISCO, A. A. et al. Tratamento convencional de águas para abastecimento humano: uma abordagem teórica dos processos envolvidos e dos indicadores de referência. II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2011.

FRANCO, Natália Molina. Manejo de lodo de Estação de Tratamento de Água, visando ao aproveitamento na agricultura como condicionante de solos. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2019.

GOMES, Samuel de C. et al. Progress in manufacture and properties of construction materials incorporating water treatment sludge: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 145, p. 148–159, 2019.

OKAMURA, Hajime; OUCHI, Masahiro. Self-compacting concrete. *Journal of Advanced Concrete Technology*, v.1, n.1, p.5-15, 2003.

PEREIRA, S. L. de. Características físicas, químicas e microbiológicas do lodo das lagoas da eta gramame. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal da Paraíba para obtenção do grau de Mestre, 2011.

RAMOS, T. et al. Granitic quarry sludge waste in mortar: Effect on strength and durability. *Construction and Building Materials*, v. 47, p. 1001–1009, 2013.

SANTOS, V. C. et al. Estudo do comportamento da argamassa autoadensável com cinza do bagaço de cana-de-açúcar no estado fresco e endurecido. *IBRACON Estrut. Mater.* 12 (01), 2019.

SIDDIQUE, R. et al. Utilization of drinking water treatment sludge in concrete paving blocks: Microstructural analysis, durability and leaching properties. *Journal of Environmental Management*, v. 26215, 2020.

SILVA, A. P. T. da; SILVA, L. R. R. da.; RIBEIRO, V. A. dos S.; MELO, M. de L. N. M.; GONÇALVES, P. C.; MARTINS, M. V. L.; SANTOS, V. C. dos.; SOUZA, M. H. B. de. Use of water treatment sludge in Self-Compacting Mortar (SCM). *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 11, n. 2, p. e0111225112, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i2.25112. Disponível em:

<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/25112>

Acesso em: 25 jan. 2022.

SOBRINHO, M. A. M., et al. Geração, tratamento e disposição final dos resíduos das estações de tratamento de água do estado de Pernambuco. Artigo técnico da Universidade Federal de Pernambuco, 2019.

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)*, v. 21, n. 4, p. 974-986, 2016.