ARGAMASSAS MISTAS COM SUBSTITUIÇÃO DE AGREGADO POR LODO DE ETA

I. M. V. S. CLEMENTE
Estudante de Engenharia Civil
Universidade Católica Dom Bosco
Campo Grande, Mato Grosso do Sul; Brasil
ingridvidal12@gmail.com

M. B. JACOMÉLLI
Estudante de Engenharia Civil
Universidade Católica Dom Bosco
Campo Grande, Mato Grosso do Sul; Brasil
mbjacomelli@gmail.com

S. R. BERTOCINI
Mestre em Engenharia Civil
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil
sandra.bertocini@gmail.com

P. S. CAVALHERI
Professora Mestre em Química Orgânica
Universidade Católica Dom Bosco
Campo Grande, Mato Grosso do Sul; Brasil
priscilasabioni@hotmail.com

F. J. C. MAGALHÃES FILHO
Professor Doutor em Tecnologias Ambientais
Universidade Católica Dom Bosco
Mato Grosso do Sul, Brasil
fernando@ucdb.br

RESUMO

O processo de tratamento de água bruta gera enorme volume de lodo que necessita ser descartado. No Brasil este lodo tem sido descartado principalmente nos recursos hídricos mais próximos, resultando em problemas ambientais, econômicos e sociais. Com a evolução da tecnologia construtiva, a caracterização das argamassas de assentamento e revestimento pode ser padronizada e definida pela homogeneização de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos e adições. O estudo propôs a substituíção de 10% e 20% da areia usada na composição das argamassas por lodo de ETA e comparadas ao da argamassa padrão, ou seja, sem adição de lodo. Foram realizados ensaios fisicos e mecânicos com 28 dias de idade. Em análise aos traços com substiuíção comparados às argamassas padrão, conclui-se que o traço 1:0,4:6 com 20% alcançou melhores resultados, pois, aos 28 dias de cura, obteve uma redução de apenas 12% de sua resistência à compressão. Já os traços 1:0,4:7 com substituição, não se mostraram proveitosos comparados à argamassa padrão, mostrando redução de resistência à compressão de 54%.Os ensaios de lixiviação nos traços revelaram quantidades desprezíveis de Cobre (Cu) e Cromo Hexavalente (Cr6+), que diminui os riscos à saúde dos usuários da argamassa e ao meio ambiente. Com relação à variação volumétrica no estado endurecido, todos os traços sofreram retração.
Palavras-chave: Argamassas mistas. Lodo de ETA. Resíduo orgânico.

ABSTRACT

The process of treatment of raw water generates enormous volume of sludge that needs to be discarded. In Brazil this mud has been discarded mainly in the nearest water resources, resulting in environmental, economic and social problems. With the evolution of the constructive technology, the characterization of the mortars of laying and coating could be standardized and defined by the homogenization of small aggregates, inorganic binders and water, with or without additives and additions. The study proposed the substitution of 10% and 20% of the sand used in the composition of the mortars with ETA sludge and compared to that of the standard mortar, that is, without addition of sludge. Physical and mechanical tests were performed at 28 days of age. In the analysis of the traces with substitution compared to the standard mortars, it was concluded that the 1: 0,4: 6 trait with 20% achieved better results, because at 28 days of cure, it obtained a reduction of only 12% of its resistance to compression. However, the 1: 0,4: 7 traces with substitution did not prove to be advantageous compared to the standard mortar, showing a 54% reduction in compressive strength. Trace leaching tests revealed negligible amounts of Copper (Cu) and Hexavalent Chromium (Cr^{6+}), which reduces the health risks to mortar users and the environment. With respect to the volumetric variation in the hardened state, all traces were retracted.
Keywords: Mixed mortars. ETA sludge. Organic waste.

1. INTRODUÇÃO

Com a evolução da tecnologia construtiva, a caracterização das argamassas de assentamento e revestimento pôde ser padronizada e definida pela homogeneização de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos e adições. Possui propriedades de endurecimento e aderência, podendo ser dosado em canteiro de obras ou na indústria conforme NBR 13.281 (ABNT, 2005). Das características da argamassa, a adição de materiais é todo e qualquer complemento na mistura que não participa das reações de hidratação do cimento, mas interfere na resistência mecânica do material (THOMAZ, 2015).

As crescentes pesquisas dessas adições no universo tecnológico revelam resultados positivos e negativos em relação ao seu desempenho que são dignos de conhecimento por parte da comunidade. A substituição de agregado miúdo por lodo de ETA, por exemplo, resultou numa avaliação satisfatória da resistência mecânica (RIBEIRO, 2012). Hoppen et al. (2006) concluíram em seus ensaios que o uso do lodo de ETA em concretos pode ser viável, respeitando-se alguns parâmetros. Substituiu-se a areia do traço de concreto por lodo nas proporções de 3% a 10% em relação ao peso desse agregado miúdo, foram analisados que os traços de 4% e 8% apresentaram resultados promissores para a construção civil e para o meio ambiente pois, além de reduzir a quantidade de material utilizado na matriz, consequentemente o custo final da obra, é dada uma proveitosa destinação para o resíduo de ETA, reduzindo os danos, devidos ao descarte indevido desse, à natureza.

O lodo de ETA, classificado como resíduo sólido segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004), apresenta-se proveitoso na incorporação das argamassas no que se refere à resistência mecânica. Além disso, outro fator determinante na qualidade da argamassa é a retração, ou seja, a redução volumétrica da mistura causada pela evaporação da água. Essa deformação no estado fresco, denominada deformação plástica, é uma das principais fontes de fissuras em revestimentos. Entretanto, existe uma carência de dispositivos e metodologias que avaliam eficientemente esse fenômeno, o que compromete a padronização da execução das argamassas de forma que não ocorram patologias.

Deste modo, procura-se dar uma destinação adequada ao lodo de ETA empregando-o às argamassas sem que haja problemáticas relacionadas ao desempenho técnico, como desconforto antropodinâmico dos usuários, baixa durabilidade ou alta manutenibilidade da edificação segundo a NBR 15.575 (ABNT, 2006).

Também é conveniente analisar a composição química do lodo, a fim de se determinar a estabilidade química e periculosidade deste resíduo, através do ensaio de lixiviação (CAUDURO; ROBERTO, 2002), para que este material orgânico não seja descartado no meio ambiente e os danos por ele causados possam ser drasticamente reduzidos.

2. METODOLOGIA

2.1 Materiais

2.1.1 Aglomerante hidráulico e aéreo

Para a produção da argamassa, foram utilizados o cimento Portland CP II E - 32 e cal do tipo CH III, armazenados em local seco e protegido, seguindo a NBR 5739 (ABNT, 2007). A massa específica do cimento Portland e da cal hidratada (CH – III) foi utilizada de acordo com o informado pelo fabricante.

2.1.2 Agregado miúdo

O agregado miúdo utilizado neste estudo, foi uma areia quartzosa de origem natural, oriundas de cavas de rio e utilizada na região de Campo Grande. Previamente, esta foi submetida a secagem em estufa, em temperatura de 100± 5ºC por um período de 24 horas, posteriormente esfriada e peneirada para a retirada de partículas grosseiras.

2.1.3 Lodo de ETA

Para este estudo, foi utilizado o lodo produzido na Estação de Tratamento de Água Guariroba (ETA) de Campo Grande, atualmente responsável por 34% do abastecimento de água da população da cidade (ÁGUAS GUARIROBA, 2017). Esse resíduo é gerado principalmente da limpeza dos decantadores e filtros, e descartados em uma lagoa de decantação, onde a água sobrenadante retorna ao processo de tratamento e o lodo é destinado ao pátio de armazenamento da ETA Guariroba. O material utilizado foi o lodo de ETA passante na peneira 4,75 mm a fim de se evitar torrões de grandes dimensões na mistura.

2.1.4 Análise granulométrica

Para a determinação da análise granulométrica do lodo, utilizou-se a NBR 7181 (ABNT, 2016), onde se prescreve o método para análise por peneiramento ou combinação de sedimentação e peneiramento.

2.1.5 Massa específica

A massa específica do lodo foi determinada a partir das orientações da NBR 6508 (ABNT, 1984), por meio do frasco picnômetro e segue o mesmo procedimento adotado para o ensaio da massa específica da areia.

2.2 Argamassas

2.2.1 Definição dos traços de argamassa em massa de materiais secos

Para o estudo, adotou-se duas relações aglomerantes/areia (cimento; cal; areia seca) como amostragem padrão e duas relações aglomerantes/areia seca/ lodo de ETA (cimento; cal; areia seca; lodo de ETA) como amostragem experimental, em volume. São eles: 1;0,4;6 e 1;0,4;7.

A Tabela 1 mostra as nomenclaturas adotadas e as proporções dos materiais secos, em massa, de cimento, cal hidratada, areia e lodo de ETA.

Tabela 1 – Nomenclatura adotada e proporção dos materiais

Sigla	Cimento	Cal	Areia	Lodo
AC6	1	0,4	6	-
AC7	1	0,4	7	-
IN6 10%	1	0,4	5,4	0,6
IN6 20%	1	0,4	4,8	1,2
IN710%	1	0,4	6,3	0,7
IN7 20%	1	0,4	5,6	1,4

Fonte: Autores, 2017.

2.2.2 Definição das porcentagens de substituição da areia pelo lodo de ETA

As porcentagens escolhidas para substituição de areia por lodo de ETA foram 10 e 20%, essas proporções foram definidas partindo-se dos resultados obtidos por Ribeiro (2012) e Hoppen et al. (2006), que alcançaram resultados satisfatórios substituíndo 10% de resíduo na argamassa e Da Costa (2014) que comprovou a viabilidade da substituição de areia pelo resíduo na fração de 20%.

2.3 Caracterização das argamassas

2.3.1 Ensaios no estado fresco

Para caracterização das argamassas no estado fresco procedeu-se os ensaios de índice de consistência, densidade de massa, teor de ar incorporado e determinação da variação dimensional.

2.3.1.1. Índice de consistência

O índice de consistência seguiu as orientações prescritas na NBR 13.276 (ABNT, 2016). O ensaio resume-se no preenchimento de um molde de tronco-cônico em 3 camadas de argamassa de alturas aproximadas e adensadas homogeneamente com aplicações de 15,10 e 5 golpes, respectivamente. Após, rasa-se a mistura e se retira o molde para iniciar a aplicação de 30 golpes na mesa durante 30 segundos. A obtenção do índice de consistência se dá a partir da medição de três diâmetros ortogonais após o abatimento e calculado a sua média aritmética.

2.3.1.2. Densidade de massa

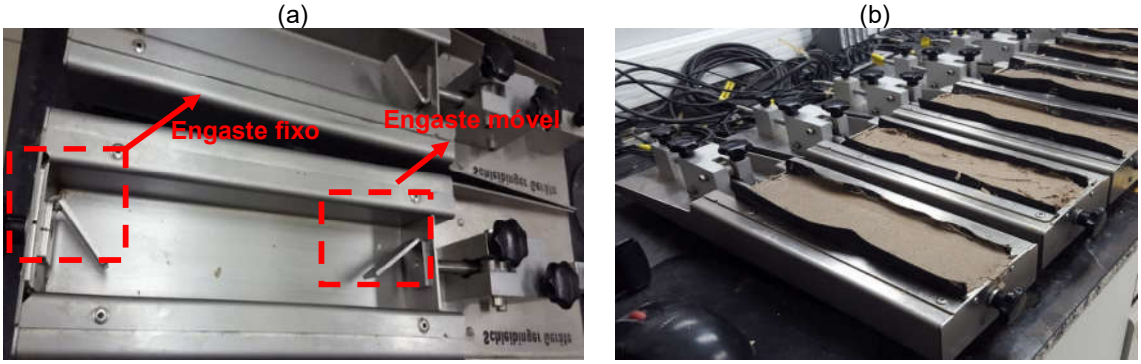
Os resultados deste ensaio, foram obtidos seguindo as orientações da NBR 13278 (ABNT, 2005), que consiste na pesagem do recipiente cilíndrico, em balança devidamente calibrada e conhecimento do volume vazio, pesa-se o mesmo recipiente com água e posteriormente adiciona-se a argamassa no recipiente. O preenchimento do molde com a argamassa deve ser em 3 camadas de alturas aproximadas. Cada camada é adensada com 20 golpes realizados com uma espátula e após o enchimento do vasilhame efetua-se 3 quedas em altura aproximada de 3 cm, posteriormente rasa-se e afere-se o peso com a argamassa.

2.3.1.3. Determinação da variação dimensional no estado fresco

Para a determinação da variação dimensional no estado fresco, foram adotados os procedimentos metodológicos utilizados na empresa Weber Saint-Gobain, através do equipamento medidor de retração que segue a metodologia adotada pelo Institut National de Sciences Appliquées - INSA de Toulouse, França, adaptado por Bastos et al. (2002), que consiste na medição das variações das argamassas durante a transição do estado fresco ao endurecido, por meio de engastes mecânicos, sendo um fixo e outro móvel nas extremidades do molde prismático (Figura 1a).

Figura 1 - (a) Molde prismático para determinação da variação dimensional no estado fresco e (b) Moldagem das argamassas para obtenção do delta L

(a) (b)



Fonte: Autores,2017.

Os resultados foram medidos até o tempo de 24h, sendo sua variação dimensional medida automaticamente pelo equipamento a partir do momento em que foi inserido a mistura no molde (Figura 1b) e ativado o programa, que através de sensores e conexões detecta cerca de 1 medição por minuto.

Para a realização do ensaio os canais devem estar devidamente limpos, os engastes parafusados de acordo com sua orientação e revestidos por uma folha de EVA para evitar vazamento da amostra. Ajustou-se o sensor cilíndrico metálico de modo que a mola não ficasse nem muito solta nem muito comprimida e a folha de EVA justa com a placa metálica móvel. Assim, deu-se início as medições através do programa supramencionado.

Os resultados foram apresentados em uma planilha de Excel, transformados de µm/25cm para mm/m e demonstrados através de um gráfico de dispersão.

2.3.1 Ensaios no estado endurecido

A caracterização das argamassas no estado endurecido ocorreu por meio dos ensaios resistência à compressão, resistência à tração na flexão e variação dimensional. Os ensaios utilizaram 3 amostras para cada teor de substituição da areia pelo lodo e moldados conforme preconiza a NBR 13279 (ABNT, 2005).

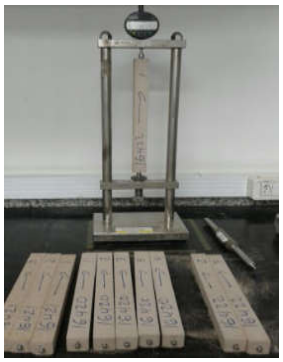
2.3.1.1 Resistência à tração na flexão e compressão

A determinação da resistência à tração na flexão e compressão seguiram as recomendações estabelecidas na NBR 13279 (ABNT, 2005). Anteriormente ao ensaio de tração na flexão, os CPs foram devidamente marcados a fim de se garantir a aplicação da carga corretamente. A normativa prescreve a utilização de roletes com diâmetro de 10mm de diâmetro localizados à 1/3 das extremidades do corpo de prova e um em seu centro.

2.3.1.2 Variação dimensional no estado endurecido

O ensaio para determinação da variação dimensional no estado endurecido, seguiu as recomendações da NBR 15.261 (ABNT, 2005). A variação dimensional dos corpos de prova são medidas através do aparelho comparador, conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2 - Relógio comparador utilizado no ensaio de retração no estado endurecido



Fonte: Autores, 2017.

2.4 Análise química das argamassas por lixiviação

A metodologia utilizada para o ensaio de análise de extratos lixiviados segue a indicada pela ASTM D6234/98 e os parâmetros utilizados para classificação do resíduo quanto à sua periculosidade constam na NBR 10004 (ABNT, 2004).

Figura 3 - Amostras para ensaio de lixiviação



Fonte: Autores, 2017.

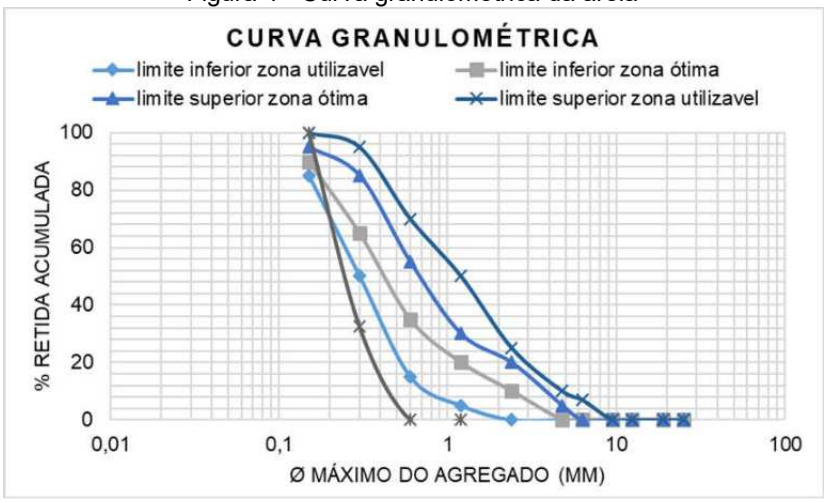
Os metais averiguados nesse trabalho foram o cromo hexavalente (Cr^{6+}) e o cobre (Cu) devido à sua toxicidade.

3. RESULTADOS

3.1 Granulometria dos agregados

A partir do ensaio de peneiramento obteve-se a curva granulométrica da areia utilizada no preparo das argamassas, apresentada na figura 4.

Figura 4 - Curva granulométrica da areia

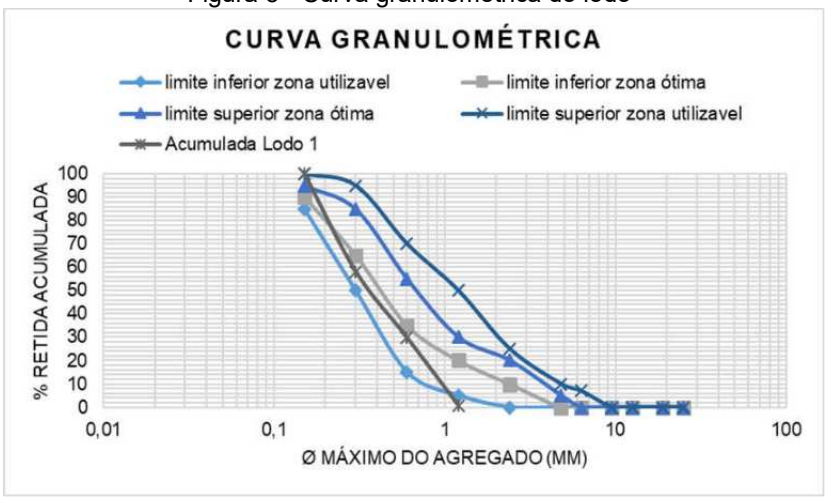


Fonte: Autores, 2017.

A areia gerou uma distribuição granulométrica localizada ao limite inferior da zona utilizável (muito fina), seguindo os parâmetros da NBR NM 248 (2003).

A partir do ensaio de sedimentação de duas amostras de lodo, conforme NBR NM 248 (2003), foram gerados os diagramas de traçado granulométrico do material, representados na Figura 5.

Figura 5 - Curva granulométrica do lodo



Fonte: Autores, 2017.

Fundamentando-se na análise da curva granulométrica, caracterizou-se o lodo de ETA como areia média, siltosa com pouca argila, seguindo os parâmetros da NBR 6502 (ABNT,1995).

3.2 Massa específica

A Tabela 2 mostra o resultado das médias das massas específicas dos materiais, utilizados neste estudo. Esses valores foram obtidos através do ensaio pelo recipiente de aferição, o picnômetro, conforme prevê a NBR 6508 (ABNT, 1984). Não há norma que especifique os valores limites para a massa específica dos agregados (BASTOS; GLEIZE, 2002) que serão utilizados nas argamassas em estudo.

Tabela 2 – Média da massa específica dos agregados

Composição	Média da massa específica dos agregados (g/cm³)
Areia	2,63
Lodo de ETA	2,43

Fonte: Autores, 2017.

A massa específica do lodo de ETA apresenta-se menor que a areia, possivelmente devido a presença de argilominerais em sua composição.

3.3 Índice de consistência

O índice de consistência, calculado seguindo norma NBR 13276 (ABNT, 2005), obteve como média o valor de 250 mm.

3.4 Densidade de massa e teor de ar incorporado no estado fresco

As densidades de massa e os teores de ar incorporado calculadas para cada traço estão expressos na Tabela 3.

Tabela 3 - Densidades de massa no estado fresco

Traço	Massa (g)	Volume (cm³)	Densidade média (g/cm³)	Média do Teor de ar incorporado (%)
AC6	743,7	403,90	1,841	29,71
AC7	746,80	403,90	1,849	29,41
IN6 10%	707,60	403,90	1,752	32,31
IN6 20%	699,30	403,90	1,731	32,89
IN7 10%	706,90	403,90	1,758	32,10
IN7 20%	679,40	403,90	1,682	34,80

Fonte: Autores, 2017.

É notável que, proporcionalmente ao acréscimo de concentração de lodo em sua composição, a densidade da argamassa diminui e o teor de ar incorporado aumenta. Isso se deve à granulometria do resíduo adotado ser maior que o da areia. Devido à deficiência no preenchimento dos vazios entre as partículas, quanto maior é o diâmetro efetivo do material utilizado no preparo da argamassa, menor é a densidade atingida e maior o teor de ar incorporado (MARON, 2010).

3.5 Retração no estado fresco

As figuras 6 e 7, apresentam a variação dimensional dos traços de argamassa convencional que servirão de parâmetro comparativo para análise das argamassas com lodo de ETA incorporado.

Nota-se que, durante as 3 primeiras horas, a argamassa pouco varia em dimensão. Após esse período há um acréscimo na taxa de variação em sentido negativo, ou seja, há diminuição de volume na argamassa em função do tempo. Da metade ao final do período de estudo, a variação dimensional estabiliza-se e a taxa de variação é quase nula.

Figura 6 - Variação dimensional nos traços AC6 sobre base aderente



Fonte: Autores, 2017.

Figura 7 - Variação dimensional nos traços AC7 sobre base aderente



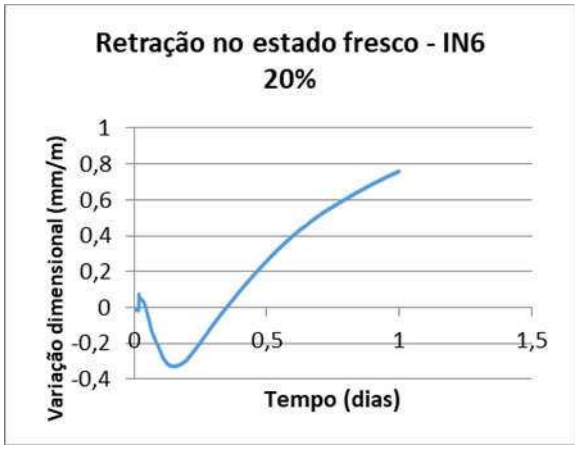
Fonte: Autores, 2017.

Figura 8 - Variação dimensional no traço IN6 10% sobre base aderente



Fonte: Autores, 2017.

Figura 9 - Variação dimensional no traço IN6 20% sobre base aderente



Fonte: Autores, 2017.

Figura 10 - Variação dimensional no traço IN7 10% sobre base aderente



Fonte: Autores, 2017.

Figura 11 - Variação dimensional no traço IN7 20% sobre base aderente



Fonte: Autores, 2017.

Nas figuras 8 e 9 são apresentadas, as variações dimensionais que ocorrem nas argamassas com lodo incorporado nos traços IN6 e nas Figura 10 e Figura 11 mostram as variações dimensionais que ocorrem nas argamassas com lodo incorporado nos traços IN7.

Analisando a retração nos traços com incorporação do lodo de ETA, verifica-se que um fenômeno inverso à retração é manifestado, ou seja, houve acréscimo dimensional da argamassa (expansão). Isso possivelmente deve-se à incompleta hidratação da cal utilizada, o que permite a presença de óxidos livres na mistura, e à existência de argilominerais (CINCOTTO, 1988) no resíduo de ETA.

3.6 Resistência à compressão

Os resultados de resistência à compressão dos traços estudados estão apresentados na Tabela 4 e indicam que a adição de lodo de ETA in natura na argamassa reduziu a resistência à compressão da mesma, em comparação às argamassas convencionais.

O traço IN7 20% apresentou maior redução de resistência, aproximadamente 55,72%, enquanto que o traço IN6 20% obteve a menor redução, de 12,71%.

Tabela 4 – Resistência à compressão

Traço	Resistência aos 7 dias (MPa)	Resistência aos 14 dias (MPa)	Resistência aos 21 dias (MPa)	Resistência aos 28 dias (MPa)
AC6	3,40	3,59	4,04	4,71
AC7	2,16	2,31	3,56	5,45
IN6 10%	2,00	2,33	2,83	3,41
IN6 20%	2,79	3,24	3,65	4,12
IN7 10%	1,35	1,92	2,13	2,61
IN7 20%	1,43	1,83	2,07	2,41

Fonte: Autores, 2017.

3.7 Resistência à tração na flexão

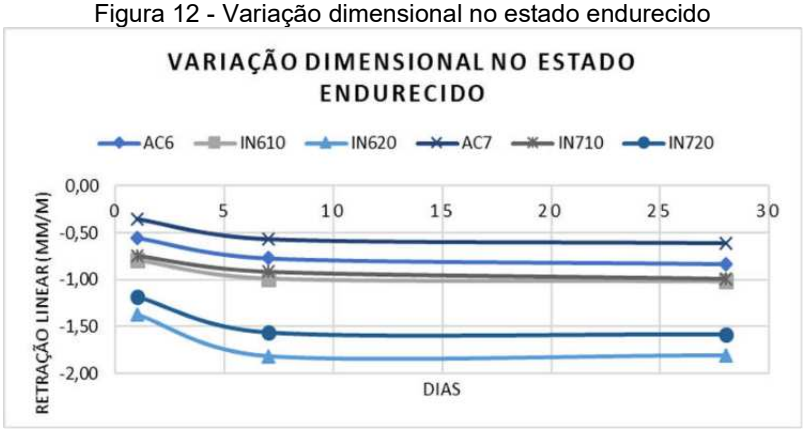
Os resultados de resistência à tração na flexão dos traços estudados indicaram que a adição de lodo de ETA in natura na argamassa reduziu a resistência à tração da mesma, em comparação às argamassas convencionais. O traço IN7 20% apresentou maior redução de resistência, aproximadamente 70,09%, enquanto que o traço IN6 20% obteve a menor redução, de 57,39%.

3.8 Variação dimensional no estado endurecido

A figura 12 demonstra o comportamento da variação dimensional no estado endurecido das argamassas. Todos os traços sofreram retração, mostrando-se semelhantes às argamassas de controle, o que garante a confiabilidade do ensaio.

A retração total de um compósito cimentício é causada substancialmente por dessecação (vaporização da água livre), hidratação e carbonatação. A dessecação é determinante no estudo da retração, pois ocorre ainda no estado fresco, em que o teor de água utilizado é a variável de maior influência nesse fenômeno. Quanto maior o fator água/cimento, maior a porosidade da mistura, o que garante maiores taxas de evaporação e, consequentemente, retração (SILVA, 2011).

Figura 12 - Variação dimensional no estado endurecido



Fonte: Autores, 2017.

3.9 Lixiviação

A partir do ensaio de lixiviação foram obtidas as concentrações de Cromo VI nos traços de argamassa com lodo incorporado, dispostas na Tabela 5. A concentração máxima dessa substância em misturas, prevista pela NBR 10004 (ABNT,2004), é de 5,0 mg/L.

Também foram aferidas as concentrações de cobre nos traços de argamassa com incorporação do resíduo, dispostas na Tabela 6. A NBR 10004 (ABNT,2004) não determina a concentração máxima de cobre nas misturas, porém pretende-se que a presença deste seja ínfima devido à sua patogenicidade.

Tabela 5 - Concentração de Cromo VI nas amostras de argamassa

Traço	Conc. média (mg/L)
IN6 10%	< 0,06
IN6 20%	0,72
IN7 10%	0,76
IN7 20%	1,40

Fonte: Autores, 2017.

Tabela 6 - Concentração de Cobre nas amostras de argamassa

Traço	Conc. média (mg/L)
IN6 10%	< 0,03
IN6 20%	< 0,03
IN7 10%	< 0,03
IN7 20%	< 0,03

Fonte: Autores, 2017.

4. CONCLUSÕES

O lodo de ETA assemelha-se à areia quanto ao diâmetro máximo das partículas, contudo sua curva granulométrica (mesmo que localizada, em pequena parte, abaixo da zona inferior de utilização) é melhor distribuída em comparação à areia de estudo. Em análise aos traços IN6 10% e IN6 20%, comparados à amostra padrão AC6 o traço IN6 20% alcançou melhores resultados, pois, aos 28 dias de cura, obteve uma redução de apenas 12% de sua resistência à compressão. Já os traços IN7 10% e IN7 20% mostraram-se pouco proveitosos comparados à argamassa padrão AC7, pois seus resultados apontam uma redução média de 54% da resistência à compressão.

Para o ensaio de resistência à tração na flexão, o traço IN6 20% também se mostrou mais eficiente em relação aos demais, porém, obteve uma redução de cerca de 57% da resistência quando comparado à amostra padrão AC6.

O ensaio de lixiviação nos traços de argamassa com substituição parcial da agregado miúdo por lodo de ETA revelou quantidades desprezíveis de Cobre e Cr Hexavalente, garantindo que não haja danos ao manipulador da argamassa e ao meio ambiente.

Os ensaios de retração no estado fresco das composições de argamassas com lodo mostraram comportamentos contrários comparados aos traços convencionais. Os traços de controle AC6 e AC7 apresentaram contração volumétrica, enquanto que os traços com a utilização do resíduo apresentaram expansão. No estado endurecido, entretanto, todos os traços retraíram. O comportamento dos traços com substituição demonstrou-se análogo aos seus respectivos traços de controle, o que garante confiabilidade no ensaio, porém, mesmo propiciando menor redução da resistência à compressão aos 28 dias, o traço IN6 20% também demonstrou maior retração volumétrica.

A partir dos resultados apresentados conclui-se que, devido à elevação da retração, desaconselha-se a utilização de argamassas com resíduo incorporado em revestimentos de grandes áreas. Entretanto é possível o seu emprego no assentamento de alvenaria de vedação sem que haja comprometimento do resultado final.

6. REFERÊNCIAS

ÁGUAS GUARIROBA. **Abastecimento de água**. Disponível em: <http://www.aguasguariroba.com.br/agua/>. Acesso em: 23 mar. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.281:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. P. 8, Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004:** Resíduos sólidos - Classificação - Requisitos. v. 18, n. 2, p. 7–18, Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.276:** Argamassa para assentamento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência, Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.278:** Argamassa para assentamento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado, Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.279:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. p. 9, Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575:** Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho Parte 1 : Requisitos gerais, Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739:** Modelagem e Cura de Corpos de Prova, p. 12, Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181:** Solo - Análise Granulométrica. p. 16, Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6508:** Grãos de Solos que Passam na Peneira de 4,8 mm - Determinação da Massa Específica. p. 8, Rio de Janeiro, 1984.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.261:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da variação dimensional. p. 10, Rio de Janeiro, 2005.

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

ASTM D 6234 **-** American Society for Testing and Materials - **Standard Test Method for Shake Extraction Of Mining Waste by the Synthetic Precipitation Leaching Procedure**, 1998.

BASTOS, P. K. X. et al. **Retração e desenvolvimento de propriedades mecânicas em argamassas de revestimento.** Ambiente Construído, v. 2, n. 2, p. 57–70, 2002.

BASTOS, S. R. B.; GLEIZE, P. J. P. **Uso da areia artificial basáltica em substituição parcial a areia fina para produção de concretos convencionais.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2002.

CAUDURO, F.; ROBERTO, S. **Avaliação Comparativa De Testes De Lixiviação De Resíduos Sólidos.** Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Florianópolis, Santa Catarina. 2002.

CINCOTTO, M. A. **Importância do controle da qualidade da cal hidratada para construção**. Simpósio latino-americano de racionalização da construção e sua aplicação às habitações de interesse social, p. 191–201, São Paulo - SP, 1981.

CINCOTTO, M. A. **Patologia das argamassas de revestimento: análise e recomendações.** Simpósio de desempenho de materiais e componentes de construção civil, p. 157–170, São Paulo – SP, 1988.

COSTA, Felipe Murilo Silva da. **Feasibility study of the use of sewage sludge ash as addition in Portland cement mortar.** 2014. 122 f. Dissertação (Mestrado em Mecânica Das Estruturas, Estruturas De Concreto E Alvenaria E Materiais E Processos Construtivos) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

HOPPEN, C. et al. **Uso de lodo de estação de tratamento de água centrifugado em matriz de concreto de cimento portland para reduzir o impacto ambiental.** Química Nova. v. 29, n. 1, p. 79–84, Curitiba - Paraná, 2006.

MARON, M. **Estudo da influência da distribuição granulométrica no desempenho de argamassas com areia britada.** XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. n. 1, p. 11, Canela – Rio Grande do Sul, 2010.

RIBEIRO, R. F. **Estudo de dosagem de lodo de Estação de Tratamento de Água (ETA)** Em Argamassa. Dissertação (Título de Engenheiro Ambiental) p. 1–61, Campo Mourão, Paraná, 2012.

SILVA, N. G.. **Avaliação da retração e da fissuração em revestimento de argamassa na fase plástica.** Florianópolis. 329 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

THOMAZ, E. **Qual a diferença, na prática entre aditivos e adições para concreto? Qual a função de cada um**? Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/221/qual-a-diferenca-na-pratica-entre-aditivos-e-adicoes-para-362358-1.aspx>. Acesso em: 20 mar. 2017.