XV SBTA Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas

AVALIAÇÃO DE ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM SUBSTITUIÇÃO DE AREIA NATURAL POR AGREGADO CERÂMICO VERMELHO

EVALUATION OF LAYING MORTAR WITH REPLACEMENT OF NATURAL SAND BY RED CERAMIC AGGREGATE

ROBSON RYAN SOUSA MOURA[1], VANESSA DO SOCORRO LIMA CARVALHO[2], RAFAEL IATAGAN SOUZA AMARAL[3], GUSTAVO ANDRÉ SILVA DA COSTA[4], EVANDRO JÚLIO DA SILVA JUNIOR[5], LUCIANA DE NAZARÉ PINHEIRO CORDEIRO[6]

[1] Universidade Federal do Pará, robsonryansousamoura07@gmail.com
[2] Universidade Federal do Pará, vanessa.carvalho@itec.ufpa.br
[3] Universidade Federal do Pará, rafaeliatagan14@gmail.com
[4] Universidade Federal do Pará, gustavo.silva.costa@itec.ufpa.br
[5] Universidade Federal do Pará, evandro.junior@itec.ufpa.br
[6] Universidade Federal do Pará, lucianapc@ufpa.br

RESUMO

O setor da construção civil busca reduzir o uso de materiais naturais, tornando relevante a incorporação de materiais alternativos em matrizes cimentícias. Este trabalho analisa argamassas de assentamento com substituições parciais de areia natural por agregado cerâmico vermelho nos teores de 10%, 20% e 30%, avaliadas no estado fresco e endurecido, aos 28 dias, em traços 1:6 em massa. Os resíduos cerâmicos, oriundos de blocos não utilizados, foram cominuídos e peneirados. A pesquisa investiga a eficiência e viabilidade desse agregado na construção civil, considerando seu impacto no desempenho das argamassas e sua possível aplicação como alternativa sustentável na indústria.

Palavras-chave: Argamassa; Resíduo de construção; Materiais alternativos; Agregado miúdo.

ABSTRACT

The construction industry is seeking to reduce the use of natural materials, making it important to incorporate alternative materials into cementitious matrices. This work analyzes laying mortars with partial substitution of natural sand by red ceramic aggregate at 10%, 20% and 30%, evaluated in the fresh and hardened state, at 28 days, in 1:6 traits by mass. Ceramic waste from unused blocks was comminuted and sieved. The research investigates the efficiency and viability of this aggregate in civil construction, considering its impact on mortar performance and its possible application as a sustainable alternative in the industry.

Key-words: Mortar; Construction waste; Laying; Alternative materials; Fine aggregate.

Como citar:
MOURA, R.R.S.; CARVALHO, V.S.L.; AMARAL, R.I.S.; COSTA, G.A.S.; JÚNIOR, E.J.S.; CORDEIRO, L.N.P. **Avaliação de argamassa de assentamento com substituição de areia natural por agregado cerâmico vermelho**. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2025, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2025.

INTRODUÇÃO

A sustentabilidade na construção civil tem ganhado destaque global devido à necessidade de minimizar os impactos ambientais gerados pelo setor. A extração descontrolada de recursos naturais, como a areia utilizada na produção de argamassas convencionais, gera diversos problemas ambientais e esgotamento de jazidas, enquanto a geração de resíduos da construção civil (RCC) representa um dos maiores desafios para a gestão de resíduos sólidos urbanos. A construção civil é responsável por 62% dos resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil, o que evidencia a urgência de práticas mais sustentáveis [1]. Nesse contexto, a reciclagem de RCC surge como uma alternativa promissora, especialmente para a produção de agregados reciclados, como a areia reciclada, que pode substituir parcial ou totalmente a areia natural na fabricação de argamassas de revestimento.

A substituição parcial ou total da areia natural por areia reciclada na composição da argamassa apresenta potenciais benefícios ambientais, como a redução da extração de recursos naturais, a diminuição do volume de RSU destinados a aterros sanitários e a conservação de jazidas [2]. No entanto, a adoção dessa prática enfrenta desafios econômicos e técnicos significativos. O alto custo do transporte e do processamento dos resíduos, aliado ao elevado consumo de energia durante a reciclagem, impacta diretamente o preço final dos produtos reciclados. Além disso, a falta de infraestrutura adequada e a resistência cultural das construtoras dificultam a implementação de práticas sustentáveis no setor [3]. Esses fatores representam barreiras para a gestão eficiente dos resíduos da construção civil, mas não eliminam a viabilidade da reciclagem como uma alternativa necessária para a sustentabilidade do setor.

Visando fomentar a utilização de RCC como substituto da areia natural, estudos têm mostrado que a substituição parcial da areia natural pela areia reciclada não compromete as propriedades físicas e mecânicas da argamassa e a uma utilização adequada, é possível obter argamassas com desempenho semelhante ou até mesmo superior às argamassas convencionais como observado no trabalho de Poll et al. [4]. Diante desse cenário, é necessário avaliar as propriedades físicas e mecânicas da areia reciclada, bem como o comportamento da argamassa produzida com esse agregado, considerando aspectos como resistência à compressão, aderência, trabalhabilidade, retração e durabilidade.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo analisar o comportamento de argamassas produzidas com substituições parciais da areia natural por agregado cerâmico vermelho, utilizando areia reciclada proveniente da cominuição de blocos cerâmicos. Esse estudo experimental, realizado no Laboratório de Engenharia Civil (LEC) da Universidade Federal do Pará (UFPA), investiga os efeitos dessa substituição nas propriedades da argamassa tanto no estado fresco (trabalhabilidade, consistência) quanto no estado endurecido (resistência à compressão, aderência à tração, absorção de água, retração).

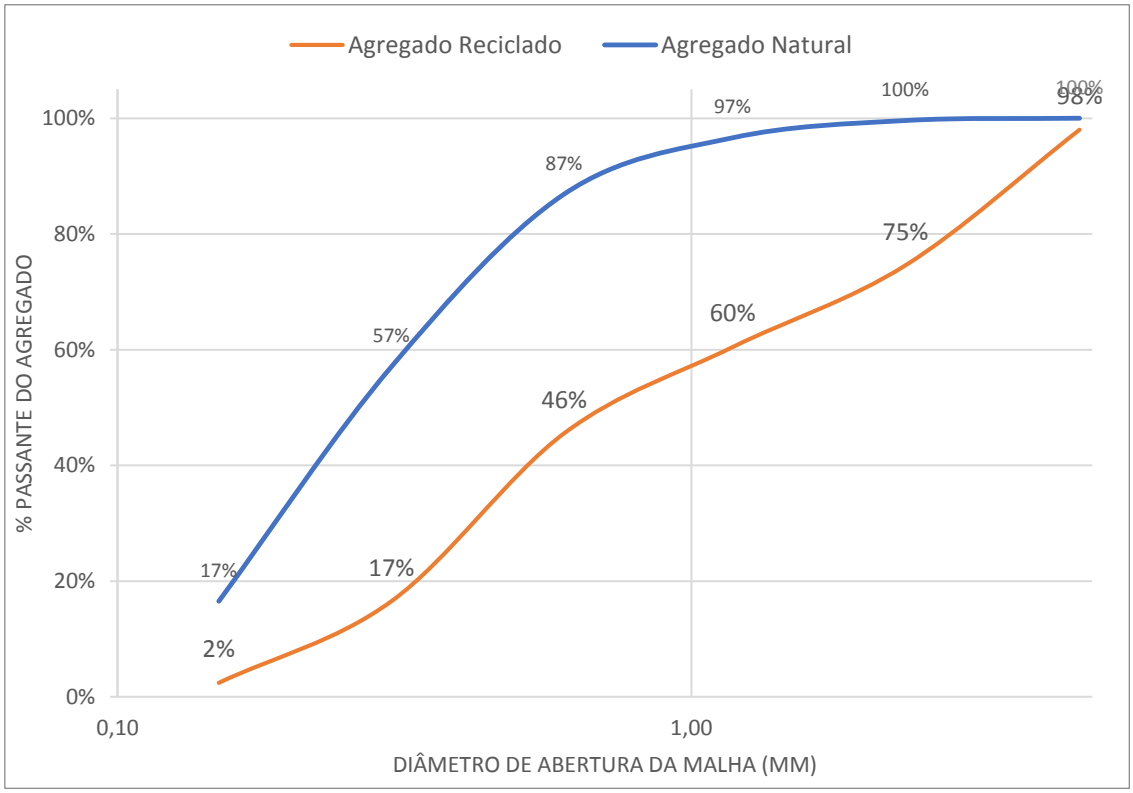
Serão avaliados, em particular, os efeitos do teor de resíduos nas propriedades da argamassa, com os resultados sendo comparados com os de uma argamassa de referência produzida com areia natural. Dessa forma, o estudo contribui para avançar na discussão sobre a incorporação de materiais reciclados em processos construtivos, alinhando-se às demandas globais por soluções ambientalmente responsáveis.

METODOLOGIA

MATERIAIS

Na presente pesquisa, utilizou-se para a composição das argamassas o cimento Portland CP II F-32, com massa específica apresentada de 3,20 g/cm³. Água potável fornecida pela rede de abastecimento municipal. O agregado miúdo natural utilizado foi obtido comercialmente nas mediações da região metropolitana de Belém do Pará, caracterizando-se, de acordo com os métodos estabelecidos por norma, com módulo de finura de 2,44, diâmetro máximo característico de 4,80 mm, massa unitária de 1,56 g/cm³, massa específica de 2,58 g/cm³ e índice de vazios de 40%. O agregado miúdo reciclado foi obtido por meio do trituramento de blocos de cerâmica vermelha, os quais foram obtidos descartados nos arredores do Laboratório de Engenharia Civil, em um britador de mandíbula e, posteriormente, no ensaio de abrasão e impacto pelo equipamento Los Angeles, seguindo fornecendo módulo de finura de 4,04, diâmetro máximo característico de 4,80 mm, massa unitária de 1,12 g/cm³, massa específica de 2,43 g/cm³ e índice de vazios de 54%. Na figura 1, executada conforme o fundamentado na NBR 17054 [5], e na tabela 1, confeccionada conforme o estabelecido nas NBR 16972 [6] e NBR 9776 [7], tem-se as características granulométricas e físicas dos agregados adotados na pesquisa. Percebe-se que o agregado alternativo apresenta uma granulometria diferente do agregado natural, sendo mais grosso e mais leve.

Figura 1 – Curva granulométrica da % passante dos agregados.



Fonte: Autores (2025).

Tabela 1 – Características físicas dos agregados.

Características Físicas		
	Agregado Natural	Agregado Reciclado
MF	2,44	4,04
DMC	4,80 mm	4,80 mm
MU	1,56 g/cm³	1,12 g/cm³
ME	2,58 g/cm³	2,43 g/cm³
IV	40 %	54 %
ABS	0,8%	15%

* MF: Módulo de finura; DMC: Diâmetro Máximo Característico; MU: Massa unitária; ME: Massa específica; IV: Índice de Vazios e ABS: Absorção

Fonte: Autores (2025).

MÉTODOS

Diante do apresentado, no intuito de alcançar-se os objetivos pré-estabelecidos do presente trabalho, o método executivo de confecção das argamassas fundamentou-se no planejamento, definição e preparação dos traços, partindo-se do princípio da proporção fixa de 1:6, em massa, e dos teores de substituição do agregado natural pelo reciclado em 10, 20 e 30%, seguindo-se da realização dos ensaios comportamentais de caracterização físico-mecânica tanto no estado fresco quanto no estado endurecido das misturas. Dessa forma, deu-se o início da mistura de cada um dos traços seguindo a sequência de cimento e areia, para então posteriormente adicionar-se água até uma consistência visualmente desejável e, enfim, nos traços com substituição, acrescentar-se o agregado cerâmico reciclado, no qual foi previamente realizada pré-molhagem por 15 minutos a fim de suprir-se quaisquer possíveis problemáticas de consumo de água, uma vez que o agregado cerâmico é extremamente fino, isso ocasiona uma maior área de superfície de contato e, consequentemente, maior absorção de água nas misturas. Nesse sentido, considerando-se a água utilizada desde a pré-molhagem, obteve-se uma relação água cimento de 1,09 para o traço com agregado natural e, respectivamente 1,18, 1,30 e 1,34 para os traços com substituição parcial, notando-se um crescimento gradativo e esperado de água conforme o aumento do teor de substituição, o que ressalta maior absorção pela areia de cerâmica vermelha reciclada de acordo com o mencionado anteriormente, apresentado na figura 2. Assim, prosseguiu-se executando os ensaios no estado fresco, para a determinação do índice de consistência seguiu-se os fundamentos da NBR 13276 [8], empregando-se o parâmetro padrão de 260 mm ± 5 mm em tempo aberto e realizando-se três medições de 15 em 15 minutos por traço para aferir-se uma média de valores. Já para a determinação da densidade de massa no estado fresco, administrou-se a execução com base nas premissas da NBR 13278 [9], moldando-se as argamassas em corpos de prova prismáticos, sendo três deles para cada um dos traços. Posteriormente, aos 28 dias de cura, realizou-se os ensaios no estado endurecido para avaliar-se as resistências à tração na flexão e à compressão dos corpos de prova e, assim, estudar-se o comportamento mecânico de cada uma das argamassas, ambos os ensaios seguindo as

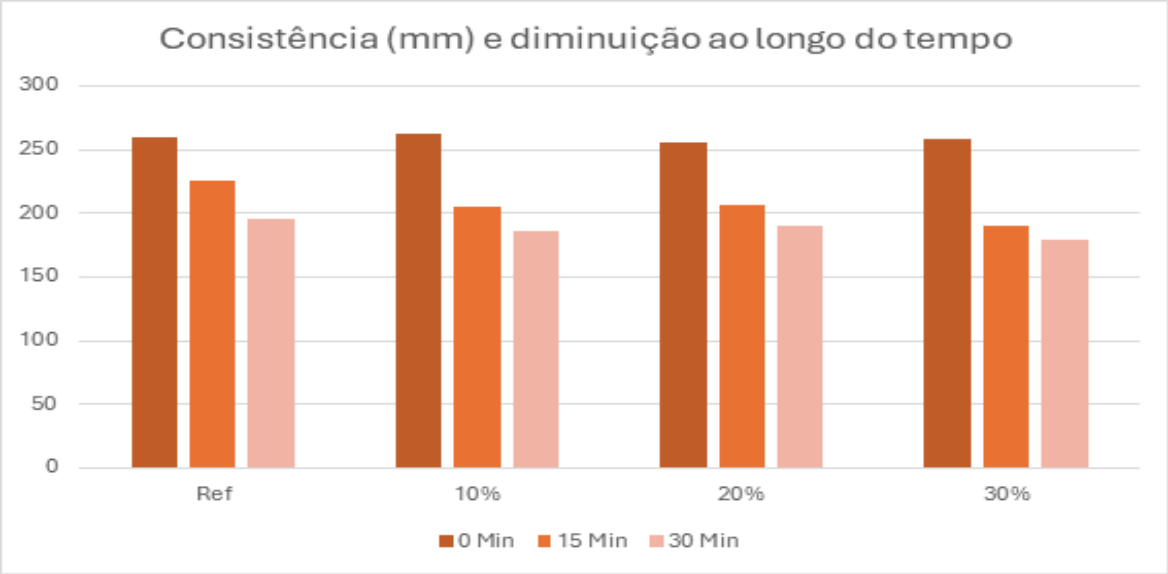
diretrizes fundamentadas pela NBR 13279 [10] e utilizando os três corpos de prova prismáticos de cada um dos traços para obter-se uma média dos valores.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

ESTUDO DO EFEITO DO AGREGADO RECICLADO NAS PROPRIEDADES NO ESTADO FRESCO

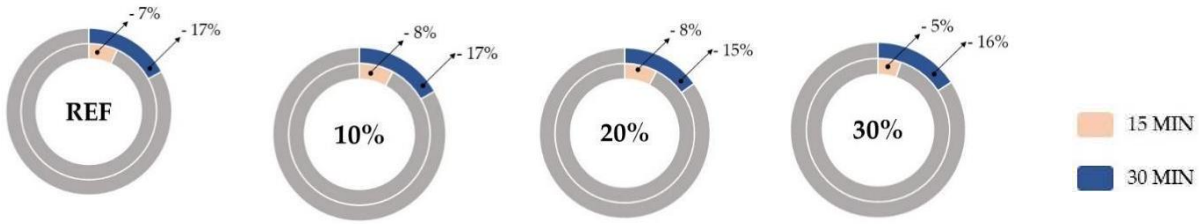
Com relação a consistência das argamassas com e sem resíduos, fixou-se o parâmetro padrão de 260 mm ± 5 mm, em todas as misturas, variando apenas o consumo de água. Os resultados são apresentados na figura 2. Avaliou-se também a perda de consistência com o passar do tempo, os resultados encontram-se na figura 1. Uma vez que nas misturas de argamassas com os agregados reciclados foi feito um processo de pré-molhagem, é possível perceber que a perda de consistência com o passar do tempo com e sem resíduo ficaram próximos. Reforçando a ideia de que o uso de materiais alternativos com uma elevada taxa de absorção, precisa vir acompanhado de processos de pré-molhagem, para que os mesmos não absorvam água de mistura, conforme realizado por Leite [11].

Figura 2 – Consistência (mm) e diminuição ao longo do tempo.



Fonte: Autores (2025).

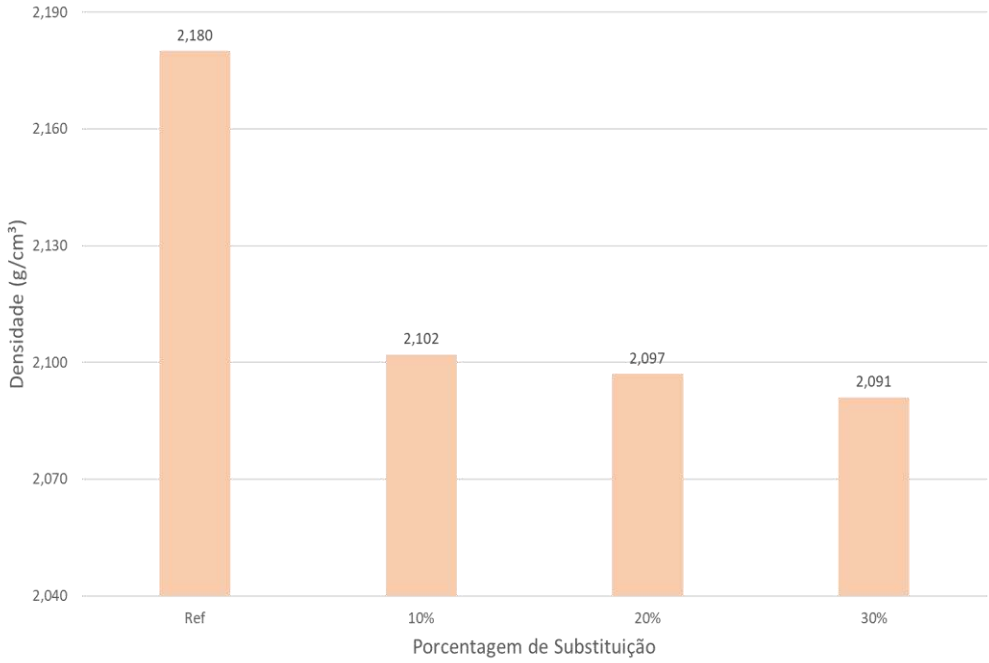
Figura 3 – Comparativo de redução de consistência com o passar do tempo.



Fonte: Autores (2025).

Na figura 4 estão os resultados de densidade de massa no estado fresco das argamassas com e sem resíduos. Conforme esperado, argamassas com resíduos tendem a ser mais leves que argamassas com agregados naturais. Observa-se que as amostras contendo 10% de RCV apresentaram comportamento mais próximo ao traço de referência, enquanto as amostras com 20% e 30% mostraram alterações progressivas na densidade inicial. Esses dados sugerem que a adição de RCV impacta diretamente o desempenho no estado fresco, com tendências consistentes à medida que a porcentagem de substituição aumenta.

Figura 4 – Densidade no estado fresco.



Fonte: Autores (2025).

ESTUDO DO EFEITO DO AGREGADO RECICLADO NAS PROPRIEDADES NO ESTADO ENDURECIDO

Os ensaios realizados demonstraram que a incorporação de resíduos de construção civil (RCC) influenciou no comportamento da argamassa no estado endurecido, especialmente no que se refere à resistência mecânica. As tabelas 2 e 3 apresentam os valores médios de resistência à tração na flexão e à compressão axial para os diferentes teores de substituição de RCC.

A análise dos resultados revelou que a resistência à compressão axial, de maneira geral, aumentou com a elevação do teor de RCC. O traço com 30% de substituição apresentou um incremento de 36,51% em relação ao traço de referência, enquanto os traços com 10% e 20% apresentaram aumentos de 26,69% e 24,72%, respectivamente. Esse comportamento pode ser atribuído à melhoria no empacotamento granular, à maior aderência entre os grãos do RCC e a matriz cimentícia, além da hidratação prolongada do cimento devido à absorção de umidade pelo agregado reciclado, fator coerente com os resultados de absorção média e coeficiente de capilaridade. No que se refere à resistência à tração na flexão, também pode-se observar um crescimento expressivo, embora não proporcional ao aumento do teor de resíduo, indicando uma resposta menos linear.

Tabela 2 – Dados Compressão Axial.

Teor de resíduos	Resistência (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Anova
REF	9,107	0,897	10	0,538
10%	11,745	1,751	15	
20%	12,097	0,261	2	
30%	14,345	2,474	17	

Fonte: Autores (2025).

Tabela 3 – Dados Tração na Flexão.

Teor de resíduos	Resistência (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Anova
REF	5,104	1,294	25	0,825
10%	5,821	0,263	5	
20%	5,706	0,263	5	
30%	5,878	0,248	4	

Fonte: Autores (2025).

Tabela 4 – Ganho de resistência em comparação ao traço referência.

Teor de resíduos	Aumento Tração na Flexão	Aumento Compressão Axial
10%	12,32%	26,69%
20%	10,55%	24,72%
30%	13,17%	36,51%

Fonte: Autores (2025).

A análise da absorção de água por capilaridade mostrou que a incorporação de 10% de RCC reduziu a absorção em comparação ao traço de referência. No entanto, com o aumento do teor de agregado reciclado, essa tendência se inverteu, e os traços com 20% e 30% apresentaram valores superiores ao da argamassa convencional com areia natural. Esse comportamento indica que, a partir de certos teores, o uso de RCC na argamassa endurecida aumenta sua absorção de água, o que pode estar diretamente relacionado à maior porosidade do material reciclado. O crescimento do coeficiente de capilaridade sugere que, à medida que o teor de RCC aumenta, a presença de partículas mais porosas favorece a absorção de umidade e a propagação da água na matriz cimentícia, tornando o sistema mais permeável. Os resultados estão explicitados na Tabela 5.

Tabela 5 – Absorção média e coeficiente de capilaridade.

Teor de resíduos	A10 (g/cm²)	A90 (g/cm²)	Coeficiente de capilaridade
REF	0,014	0,306	4,670
10%	0,007	0,253	3,933
20%	0,077	0,403	5,210
30%	0,028	0,328	4,797

Fonte: Autores (2025).

CONCLUSÃO

Os estudos apontam como viável a incorporação de agregados miúdos cerâmicos em argamassas de revestimentos, em teores de até 30%, uma vez que se observou alterações positivas nas características físico-mecânicas das argamassas. Acerca das características das argamassas no estado fresco, percebe-se uma perda de consistência similar ao da argamassa de referência e com relação a densidade, a leveza observada pela incorporação do material apresenta-se como um ponto positivo, principalmente pelo benefício ergométrico que poderá oferecer durante sua aplicação.

Desse modo, é notável as contribuições do agregado de reciclado de cerâmica vermelha para as argamassas de revestimento, tornando-o uma alternativa viável e sustentável para a construção civil, diminuindo assim os impactos ambientais gerados pelo descarte inadequado desses resíduos, porém, faz-se necessária a atenção a sua utilização, pois o agregado em questão apresenta alta absorção de água e certa fragilidade no momento em que é trabalhado na mistura, o que requer cuidados e análises laboratoriais durante o seu uso.

Ademais, pesquisas mais aprofundadas, utilizando métodos e tecnologias diferentes são possíveis ramos a serem estudados, bem como a confecção de sistemas de revestimento com a argamassa desenvolvida para serem submetidos a compressão e avaliação de seu desempenho estrutural como futuros temas.

REFERÊNCIAS

[1] ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. 2018-2019. São Paulo, SP, Brasil: ABRELPE, 2019.

[2] JOCHEM, L. F.**Estudo das argamassas de revestimento com agregados reciclados de RCD:** características físicas e propriedades da microestrutura. 2012. 221 f.Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

[3] ROSADO, L. P.; PENTEADO, C.S.G. Municipal management of construction and demolition waste: influence of disposal fees. **Ambiente & Sociedade**, v. 23, p. e00321, 2020.

[4] POLL, L. do A.; LIMA, R.F.L.; MACEDO, R.B.; BRAGA, M.V.; CORDEIRO, L.N.P. Argamassa de contrapiso com o uso de resíduo de construção civil (rcc). In: 62º Congresso Brasileiro do Concreto, 2023, Florianopólis, v. 5, n. 1, p. 1-8. **Anais**...Florianópolis: IBRACON, 2023.

[5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 17054**: Agregados - Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio, Rio de Janeiro, ABNT 2005.

[6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 16972**: Agregados - Determinação da massa unitária e índice de vazios, Rio de Janeiro, ABNT 2021.

[7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 9776:** Agregados - Determinação da massa específica e da massa específica aparente, Rio de Janeiro, ABNT 2003.

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

[9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado, Rio de Janeiro, ABNT 2005.

[10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade, Rio de Janeiro, ABNT 2005.

[11] LEITE, M.L. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduo da construção e demolição**. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de engenharia, Porto Alegre, 2001.