

INFLUÊNCIA DAS PROPRIEDADES DOS AGREGADOS GRAÚDOS RECICLADOS DE CERÂMICA VERMELHA EM CONCRETO DE BAIXA RESISTÊNCIA

Carolina Pereira Caldeira¹
Felipe Gomes Garcia¹
Jhonnathan Eduardo Silva Camargo¹
Kauã Ribeiro dos Santos Oliveira¹
Leonardo Carlos Pinto¹
Diego Borja Ferreira²

RESUMO

O uso de agregados reciclados provenientes de resíduos cerâmicos na produção de concreto apresenta-se como uma alternativa sustentável, contribuindo para a redução de impactos ambientais e a reutilização de materiais descartados na construção civil. Este estudo avaliou as propriedades mecânicas de concretos produzidos com substituição parcial (50%) e total (100%) de agregados graúdos convencionais por reciclados de tijolos cerâmicos, considerando sua alta absorção de água e massa específica reduzida. Os resultados mostraram que a substituição parcial proporcionou maior resistência à compressão aos 28 dias (16,77 MPa), superando o concreto convencional. Em contrapartida, a substituição total resultou em perdas significativas de resistência (12,82 MPa), trabalhabilidade reduzida e menor módulo de elasticidade (52,7% do traço convencional). Conclui-se que a aplicação parcial de agregados reciclados é viável para concretos não estruturais, exigindo ajustes na relação água/cimento e pré-molhagem dos agregados para otimização do desempenho.

Palavras-chave: Agregados reciclados; agregados cerâmicos; sustentabilidade.

INFLUENCE OF THE PROPERTIES OF RECYCLED RED CERAMIC COARSE AGGREGATES ON LOW-STRENGTH CONCRETE

ABSTRACT

The use of recycled aggregates from ceramic waste in concrete production represents a sustainable alternative, contributing to the reduction of environmental impacts and the reuse of discarded materials in construction. This study evaluated the mechanical properties of concrete produced with partial (50%) and total (100%) replacement of conventional coarse aggregates by recycled ceramic brick aggregates, considering their high water absorption and reduced specific mass. The results showed that partial replacement provided higher compressive strength at 28 days (16.77 MPa), surpassing conventional concrete. In contrast, total replacement resulted in significant strength losses (12.82 MPa), reduced workability, and a lower modulus of elasticity (52.7% of the conventional mix). It is concluded that partial application of recycled aggregates is feasible for non-structural concrete, requiring adjustments to the water/cement ratio and pre-wetting of the aggregates to enhance performance.

Keywords: Recycled aggregates; ceramic aggregates; sustainability.

Recebido em 03 de fevereiro de 2025. Aprovado em 13 de março de 2025

¹ Discente do curso de Engenharia Civil da Mobilidade – IFG-Anápolis. carolinacaldeira07@gmail.com; felipegomesgarcia5@gmail.com; jhon.cena2008@hotmail.com; kau4ribeir0904@gmail.com; leonardo.carlos.pinto@gmail.com

² Docente Doutor do curso de Engenharia Civil da Mobilidade – IFG-Anápolis. diego.ferreira@ifg.edu.br

INTRODUÇÃO

O uso de agregados reciclados provenientes de resíduos de cerâmica na produção de concreto tem se mostrado uma alternativa promissora para a construção civil, em um cenário de crescente demanda por práticas mais sustentáveis e redução do impacto ambiental.

A reciclagem de resíduos de cerâmica, como tijolos e telhas, oferece uma solução viável para a reutilização de materiais que, de outra forma, seriam descartados em aterros, ao mesmo tempo em que contribui para a preservação de recursos naturais. Estudos indicam que os agregados reciclados de cerâmica podem interferir em certas propriedades do concreto, como a trabalhabilidade, resistência e até no isolamento térmico, tornando necessário estudos para suas aplicações.

Fonseca et al. (2006) produziu um estudo comparativo com agregado graúdo reciclado de telha cerâmica e agregado graúdo natural, com a justificativa da alta quantidade de resíduos gerados na queima das telhas cerâmicas, que podem ser reutilizadas na construção civil, a fim de amenizar os impactos ao meio ambiente.

Os resultados dos autores demonstram que os concretos reciclados produzidos detêm uma massa específica aparente bem mais baixa, absorção de água bem mais alta e resistência mecânica mais baixa que os tradicionais. Além disso, a relação água / cimento (a/c) requer maior atenção em virtude do alto índice de absorção.

Cabral et al. (2009) propôs uma análise do desempenho do concreto com agregados reciclados de cerâmica vermelha, proveniente dos restos de tijolos e telhas cerâmicas utilizados na construção civil, com o objetivo de analisar o comportamento desse tipo de concreto, pelo uso considerável desse material em cidades com pouca quantidade de agregados naturais.

Para tanto, os autores desenvolveram um programa experimental baseado em uma sequência de experimentos, nos quais se substituí os agregados graúdos e miúdos na produção de concreto. Os resultados indicam que a substituição do agregado miúdo aumenta a resistência à compressão do concreto e a substituição dos agregados graúdos causam decréscimo dessa resistência

Lima et al. (2018) apresentam um estudo similar ao deste estudo, em que são produzidos traços de concreto com substituição parcial e total dos agregados graúdos por agregados cerâmicos aproveitados dos resíduos de telhas. Nesta análise demonstrou-se a queda da resistência à compressão do concreto com agregados cerâmicos em relação ao tradicional, os autores indicam que o uso em substituição parcial dos agregados cerâmicos apresenta melhor desempenho, porém os autores afirmam que são necessários maiores estudos para desenvolver parâmetros mais confiáveis.

Diante do exposto, esse estudo tem por objetivo avaliar a influência das propriedades de agregados graúdos reciclados de tijolos cerâmicos, destacando o índice de absorção, no desempenho das propriedades mecânicas do concreto produzido com traços não estruturais, com substituição total e parcial destes agregados.

REFERENCIAL TEÓRICO

ABNT NBR 15116 (2021)

A ABNT NBR 15116 (2021) apresenta critérios e avaliações acerca de agregados reciclados provenientes de resíduos da construção civil (RCC), com aplicação em pavimentação e na produção de concreto sem função estrutural. A norma tem como objetivo promover a sustentabilidade no setor da construção civil, incentivando a reutilização de materiais reciclados, como concreto, argamassa e cerâmica, minimizando o impacto ambiental e reduzindo a extração de recursos naturais.

A norma ABNT NBR 15116 (2021) permitia, em sua primeira edição de 2004, o uso desses materiais apenas para fins não estruturais, limitando-se às classes de resistências C10 e C15. Na versão de 2021 essa norma trouxe mudanças significativas:

➤ Subclasses de Agregados Reciclados: A norma define três subclasses de agregados reciclados:

- Agregado Reciclado de Concreto (ARCO): proveniente da reciclagem de concreto.
- Agregado Reciclado Cimentício (ARCI): proveniente de resíduos cimentícios.
- Agregado Reciclado Misto (ARM): uma combinação de diferentes tipos de resíduos.

➤ Cálculo da Pré-Molhagem:

A norma estabelece diretrizes para o cálculo da quantidade de água necessária para a pré-molhagem dos agregados reciclados, garantindo que suas propriedades sejam adequadas para uso na fabricação de concreto.

➤ Uso em Concretos Estruturais:

A atualização permite o uso de agregados reciclados em dosagens de concretos com fins estruturais, desde que sejam seguidas recomendações específicas, como:

- Uso restrito de ARCO.
- Limite de 20% de substituição dos agregados convencionais pelo reciclado.
- Aplicação em concretos das classes de agressividade I e II, conforme a norma ABNT NBR 6118 (2023).

➤ Análise das Propriedades dos Agregados:

A norma inclui critérios para a avaliação das propriedades físicas e mecânicas dos agregados reciclados, garantindo que eles atendam aos requisitos necessários para a produção de concreto.

➤ Documentação e Controle de Qualidade:

Estabelece a necessidade de documentação que comprove a origem dos agregados reciclados, bem como o controle de qualidade durante a sua produção e utilização.

Concreto com agregados reciclados

O concreto com agregados reciclados é aquele produzido com resíduos, em substituição parcial ou total aos agregados convencionais. De acordo com Cirelli (2011) os agregados convencionais, oriundos de rochas britadas, seixos e areias lavadas de rio são muito pouco porosos, com isso a resistência ou durabilidade do concreto convencional é influenciada pela porosidade (vazios) da pasta de cimento.

Gomes (2021) e Leite (2001), afirmam que o concreto com agregados reciclados apresenta vantagens relacionadas à sustentabilidade, redução de custos, porém a resistência mecânica atingida pode ser inferior ao concreto convencional, dependendo da qualidade dos agregados utilizados. Além disso, a durabilidade pode ser comprometida pela presença de impurezas, e a maior absorção de água pode impactar suas outras propriedades mecânicas.

Os agregados reciclados de demolição são materiais obtidos a partir da reciclagem de resíduos gerados por obras de demolição e reforma. Esses agregados são uma alternativa sustentável aos agregados naturais, contribuindo para a redução de resíduos e a preservação de recursos naturais na construção civil (LEITE, 2001).

Ainda segundo o autor, os agregados reciclados de cerâmica são materiais obtidos a partir da reciclagem de resíduos, como telhas, azulejos e pisos. A utilização desses agregados na construção civil tem ganhado destaque devido às suas propriedades e benefícios ambientais, contribuindo para a sustentabilidade no setor.

Os agregados reciclados de cerâmica apresentam boas propriedades físicas e mecânicas, durabilidade em condições adversas e alta capacidade de absorção de água. Segundo Cabral (2009) esses materiais podem ser aplicados em diferentes contextos na construção civil, contribuindo para práticas mais sustentáveis.

MATERIAIS E MÉTODOS

Essa pesquisa tem por proposta a caracterização dos agregados reciclados de cerâmica vermelha e a influência da sua utilização nas propriedades do concreto de baixa resistência.

Produção dos agregados reciclados

Os agregados reciclados foram produzidos a partir de blocos cerâmicos, o processo de britagem foi realizado de forma manual, conforme apresentado na Figura 1.

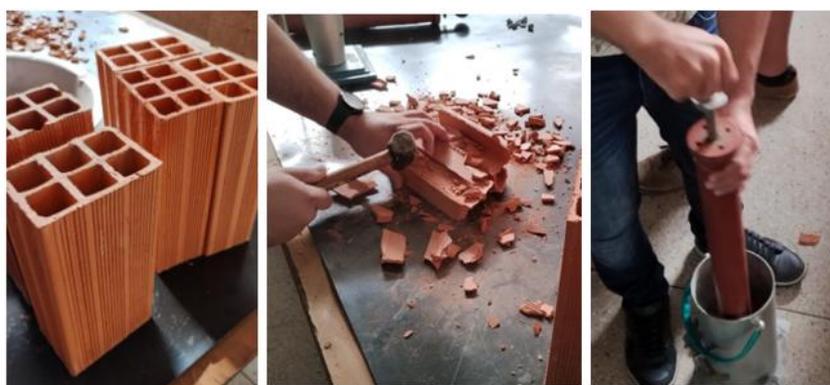


Figura 1 – Processo de britagem de blocos cerâmicos
Fonte: Arquivo pessoal

Posteriormente, o material foi passado nas peneiras com aberturas de 19 mm e 4,8 mm com o objetivo de excluir as partículas finas resultado do processo de britagem e as partículas mais grossas se comparadas ao agregado graúdo convencional utilizado (Figura 2).



Figura 2 – Processo de peneiramento
Fonte: Arquivo pessoal

O aspecto visual do agregado reciclado obtido comparado com o agregado convencional pode ser observado na Figura 3.



Figura 3 – Comparativo visual dos agregados graúdos
Fonte: Arquivo pessoal

Caracterização dos materiais

Agregados

O ensaio de análise granulométrica dos agregados foi realizado com o intuito de determinar a dimensão máxima característica (DMC), o módulo de finura (MF) e a distribuição dos tamanhos das partículas nas faixas de granulometria, conforme a norma ABNT NBR NM 248 (2003).

A determinação da massa específica da areia natural foi realizada pelo método do frasco Chapman (ABNT NBR 9776 (2009)), já dos agregados graúdos foi determinada pelo método estabelecido na norma ABNT NBR 16917 (2021), a mesma norma também estabelece o método para a determinação do índice de absorção de água dos agregados graúdos.

Os ensaios de massa unitária dos agregados miúdos e graúdos foram realizados segundo a norma ABNT NBR 45 (2006).

As propriedades dos agregados estão apresentadas na Tabela 1:

Tabela 1: propriedades dos agregados

	Areia	Agregado graúdo convencional	Agregado graúdo reciclado
Massa unitária (estado solto) (g/cm³)	1,49	1,50	0,91
Massa unitária (estado compactado) (g/cm³)	-	1,59	1,01
Massa específica (g/cm³)	2,61	2,61	1,73
Dimensão máxima característica (mm)	4,8	19,00	19,00
Módulo de finura	3,54	6,34	6,73
Índice de absorção (%)	-	0,20	18,90

Cimento Portland

O cimento utilizado foi do tipo CP II Z – 32 que apresenta características como: secagem rápida, boa trabalhabilidade e moderado calor de hidratação (devido à adição de pozolana em sua composição).

O fabricante sugere as seguintes aplicações:

- Argamassa Estabilizada;
- Concreto Massa;
- Concreto para Pavimentos;
- Concreto Armado.

A massa específica foi determinada de acordo com a ABNT NBR 1605 (2017), o valor obtido foi de 3,05 g/cm³. As demais propriedades foram fornecidas pelo fabricante e estão apresentadas nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2: Propriedades Físico-Químicas

Estado físico: sólido (na forma de pó fino), sem cheiro, cor: cinza			
PH em solução aquosa	$12 \leq \text{PH} \leq 14$	Pressão de vapor (mm Hg)	Não aplicável
Ponto de ebulição	Não aplicável	Solubilidade em água	Até 1,5 g/l a 20°C
Ponto de fusão	Não aplicável	Ponto de Fulgor	Não aplicável
Massa específica absoluta	$2,8 \leq \text{yr} \leq 3,2$ g/cm ³ a 20°C	Densidade relativa do vapor 20°C	Não aplicável
		Massa específica aparente	0,9 a 1,2 g/cm ³ a 20°C

Tabela 3: Ensaio Físicos

Resistência à Compressão 1 dia	Resistência à Compressão 3 dias	Resistência à Compressão 7 dias	Resistência à Compressão 28 dias	Início de Pega	Fim de Pega
N.A.	≥ 10 MPa	≥ 20 MPa	≥ 32 MPa	≥ 60 min	≥ 210 min

Valores médios.

Dosagem

O procedimento de dosagem adotado foi o da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), adaptado do método do American Concrete Institute (ACI) para agregados brasileiros. Optou-se por desenvolver um traço de baixa resistência para avaliar a influência da relação água cimento (a/c) em concreto produzido com agregados reciclados.

Para tanto, a resistência do concreto aos 28 dias foi estimada na ordem de 15 MPa, utilizando as curvas de Abrams para os agregados convencionais. Os materiais utilizados foram:

- Cimento Portland CP II-32;
- Agregado graúdo britado (granítico);
- Agregado miúdo (areia lavada);
- Sem uso de aditivos;
- Água da rede pública de abastecimento.

As propriedades dos materiais foram obtidas por meio de ensaios prévios, seguindo as normas vigentes. A relação água/cimento (a/c) foi mantida constante para todos os traços, com

o objetivo de avaliar a influência das propriedades do agregado reciclado nas propriedades mecânicas do concreto produzido.

Cabe destacar que a ABNT NBR 15116 (2021) orienta que para a utilização de agregados reciclados deve ser considerado o alto índice de absorção destes, e portanto, deve ser adicionada uma porcentagem de água definida como pré-molhagem. Esse procedimento não fora realizado nessa pesquisa que tem como objetivo avaliar a influência desse comportamento do agregado reciclado no concreto produzido.

O traço definido em massa foi: 1 : 1,69 : 1,90 : 0,59. Em virtude da menor massa específica do agregado reciclado em comparação ao agregado graúdo convencional, optou-se por utilizar o agregado graúdo reciclado em volume, tomando como referência o traço inicial.

Para a realização dos ensaios, foram produzidos três traços distintos, nomeados da seguinte forma:

- Traço Convencional (TC): 100% de agregado graúdo convencional;
- Traço 50% Reciclado (TR50): 50% de agregado graúdo convencional e 50% de agregado graúdo reciclado;
- Traço 100% Reciclado (TR100): 100% de agregado graúdo reciclado.
- Os demais materiais foram mantidos conforme o traço definido.

Confeção do concreto

Os traços definidos pela dosagem foram confeccionados seguindo uma mesma metodologia.

A produção do concreto seguiu a seguinte ordem de adição dos materiais na betoneira: agregado graúdo, agregado miúdo, cimento e por último a água. A betoneira foi umedecida, deixando o excesso de água escorrer para não interferir no traço

A cada etapa de adição do material a betoneira foi acionada por 5 minutos e posteriormente adicionado o material da etapa seguinte, a água foi adicionada aos poucos durante o funcionamento da betoneira na parte final da produção do traço. A Figura 4 apresenta algumas etapas do processo de produção do concreto.

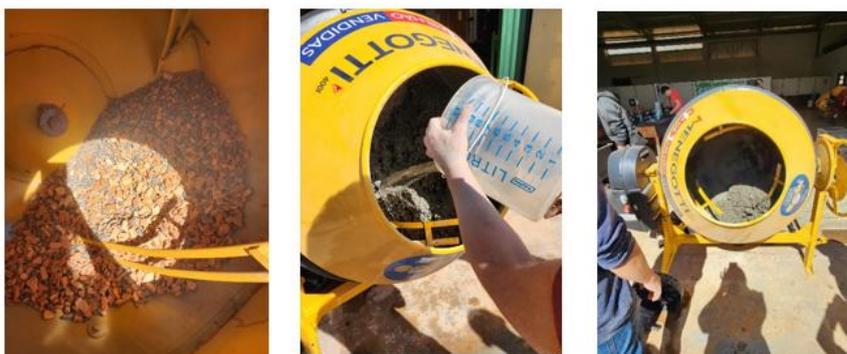


Figura 4 – Confeção do concreto

Fonte: Arquivo pessoal

Após o processo de produção do concreto a trabalhabilidade foi avaliada, conforme ABNT NBR NM 67 (1998) e posteriormente foram moldados corpos de prova cilíndricos de dimensões 10 cm x 20 cm de acordo com a ABNT NBR 5738 (2015) (Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova), com adensamento manual. A cura dos corpos de prova procedeu ao ar livre nas primeiras 24 horas e após a desmoldagem a cura passou a ser por imersão em água até o dia dos ensaios, conforme apresentado na Figura 5.



Figura 5 – Etapas: *Slump test*, adensamento, cura ao ar e cura por imersão.

Fonte: Arquivo pessoal

RESULTADOS

Concreto no estado fresco

A trabalhabilidade foi avaliada por meio da determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, o procedimento é apresentado pela ABNT NBR NM 67 (1998) e nomeado de *slump test*. Os resultados do abatimento estão expressos na Tabela 4.

Tabela 4: Resultado do ensaio de abatimento

Traços	Abatimento (mm)
TC	163
TR50	50
TR100	0

A trabalhabilidade do material se mostrou diretamente relacionada a porcentagem de substituição do agregado convencional. Enquanto o traço TC (convencional) apresentou o maior abatimento e conseqüentemente uma maior trabalhabilidade, os traços com substituição apresentaram um prejuízo nessa propriedade, destacando que o traço TR100 apresentou abatimento 0 (zero), característica de um concreto seco com pouca trabalhabilidade. Uma vez que optou-se por manter a mesma relação água/cimento em todos os traços, e dado ao alto índice de absorção dos agregados reciclados 18,9%, enquanto o agregado convencional é de 0,2%, esse comportamento se justifica.

Observou-se que devido a essa deficiência na trabalhabilidade, houve também um prejuízo na moldagem dos corpos de prova, de maneira que após a desforma constatou-se a presença de vazios (brocas) na superfície, e após a ruptura, no interior dos elementos, principalmente no traço TR100. As Figuras 6 e 7 apresentam o aspecto visual dos corpos de prova dos diferentes traços e a presença de vazios.

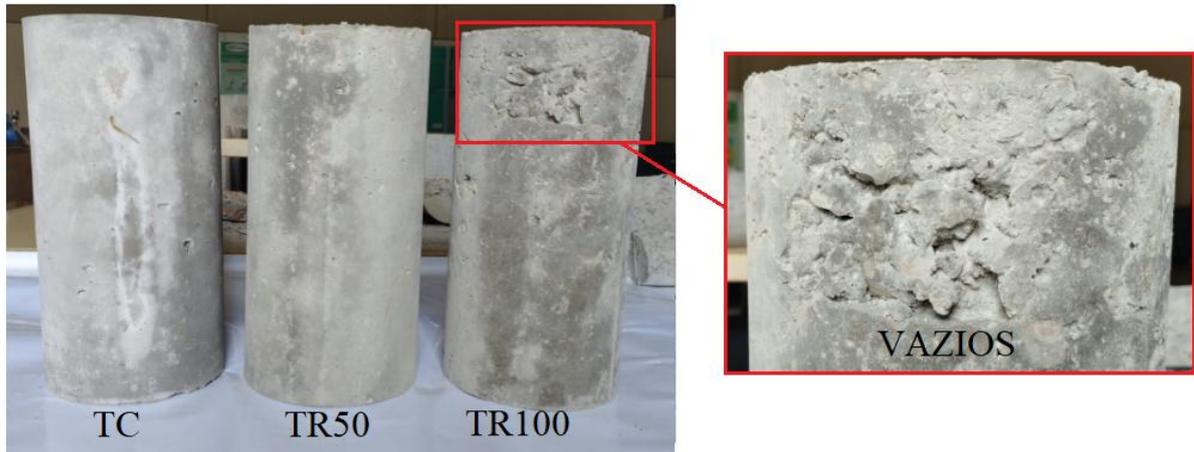


Figura 6 – Aspecto visual externo dos corpos de prova.
Fonte: Arquivo pessoal

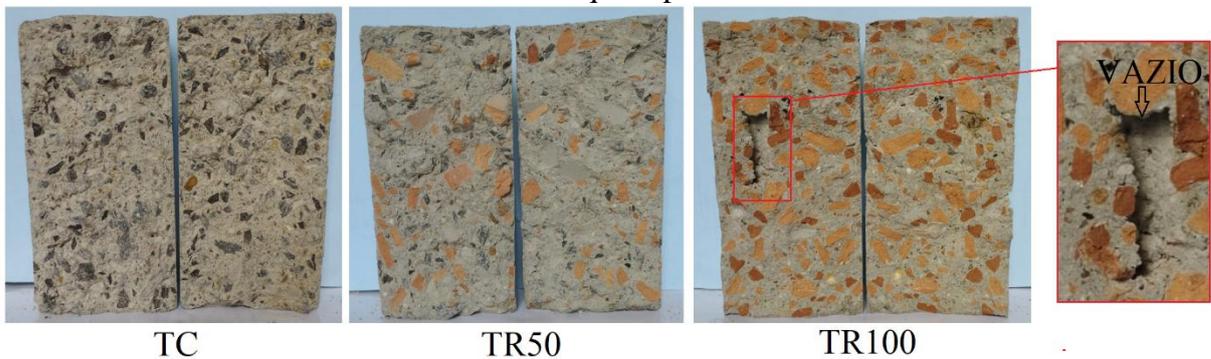


Figura 7 – Aspecto visual interno dos corpos de prova.
Fonte: Arquivo pessoal

Concreto no estado endurecido

Foram realizados ensaios de: resistência à compressão de acordo com a ABNT NBR 5739 (2018), resistência à tração pelo ensaio de compressão diametral, método lobo carneiro ABNT NBR 7222 (2011) e módulo de elasticidade por meio da ABNT NBR 8522 (2021). A Figura 8 apresenta os procedimentos respectivamente.

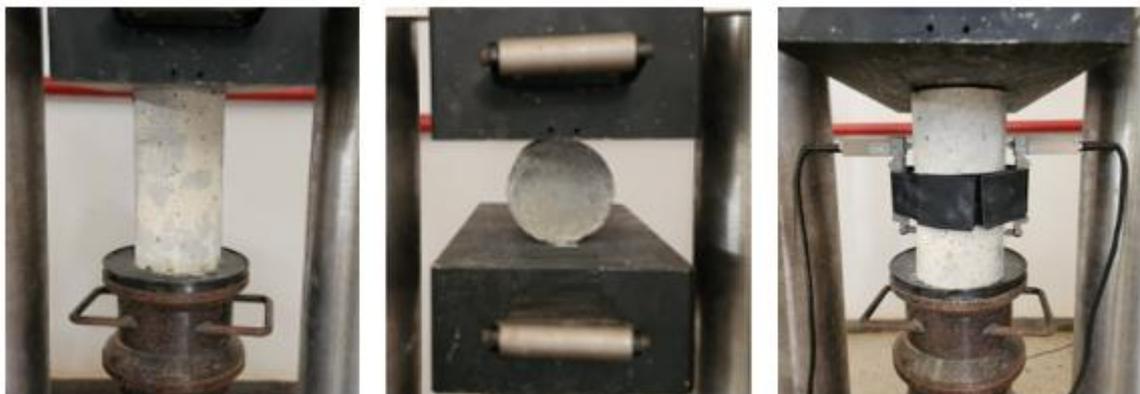


Figura 8 – Procedimentos de ensaios de compressão, tração e módulo de elasticidade.
Fonte: Arquivo pessoal

Para cada traço foram produzidos 17 corpos de prova e empregados nos ensaios da seguinte maneira: 9 corpos de prova para compressão divididos em grupos de 3 para ensaio nas

idades de 7, 21 e 28 dias; 6 corpos de prova para tração, divididos em grupos de 2 para ensaios nas mesmas idades citadas; e 2 corpos de prova para módulo de elasticidade ensaiados aos 28 dias.

Os resultados médios dos ensaios são apresentados nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5: Resistência a tração e compressão.

Traços	7 dias		21 dias		28 dias	
	Tração (MPa)	Compressão (MPa)	Tração (MPa)	Compressão (MPa)	Tração (MPa)	Compressão (MPa)
TC	1,51	11,01	1,75	13,88	1,94	16,16
TR50	1,09	13,14	1,48	14,88	1,75	16,77
TR100	1,17	11,07	1,23	11,85	1,47	12,82

O traço TR50 apresentou a maior resistência à compressão em todas as idades avaliadas, atingindo uma resistência de 16,77 MPa aos 28 dias, aproximadamente 3,8% maior que o traço TC.

Esse comportamento pode ser explicado pela absorção do agregado reciclado, uma vez que a relação água / cimento se manteve constante e que o índice de absorção do agregado reciclado é muito superior ao convencional, a água utilizada na produção do concreto foi absorvida pelo agregado reciclado e conseqüentemente reduziu a relação / água cimento da pasta, aumentando a resistência final do material.

O mesmo não ocorreu no traço TR100, que apresentou uma resistência à compressão aos 28 dias aproximadamente 20% menor que o traço TC. Embora o agregado reciclado nesse traço tenha absorvido a água da pasta e de igual modo reduzido a relação água / cimento, o traço em questão possui 100% de agregados reciclados que apresentam massa específica menor (1,73 g/cm³) que o agregado convencional (2,61 g/cm³), tornando esse traço menos resistente que os demais.

A Figura 9 apresenta a evolução das resistências à compressão dos traços ao longo das idades de ensaio.

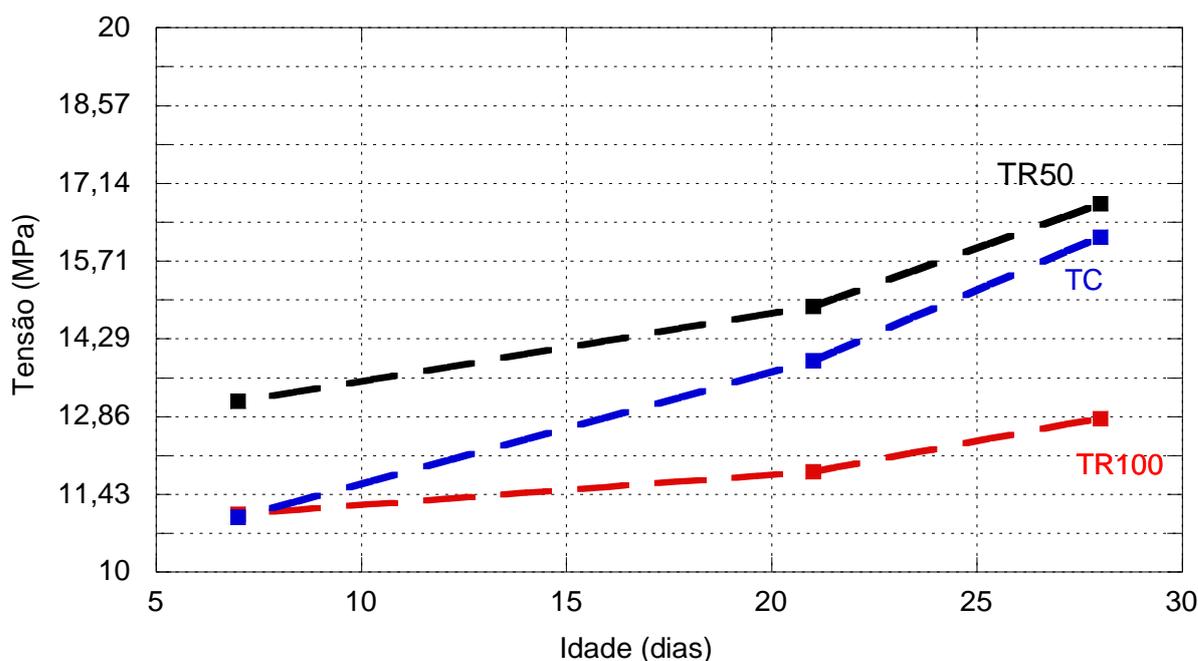


Figura 9 – Comportamento da evolução da resistência à compressão.

Fonte: Arquivo pessoal

O mesmo comportamento descrito para a resistência à compressão não foi observado quanto à tração, ocorreu uma pequena diferença relacionada a maior tensão aferida. Para este esforço o traço TC se mostrou com maior resistência e o decréscimo da capacidade de carga dos demais traços ficou em torno de 9,8% para TR50 e 24,2% para TR100.

A Figura 10 apresenta o comportamento da resistência à tração ao longo das idades de ensaio.

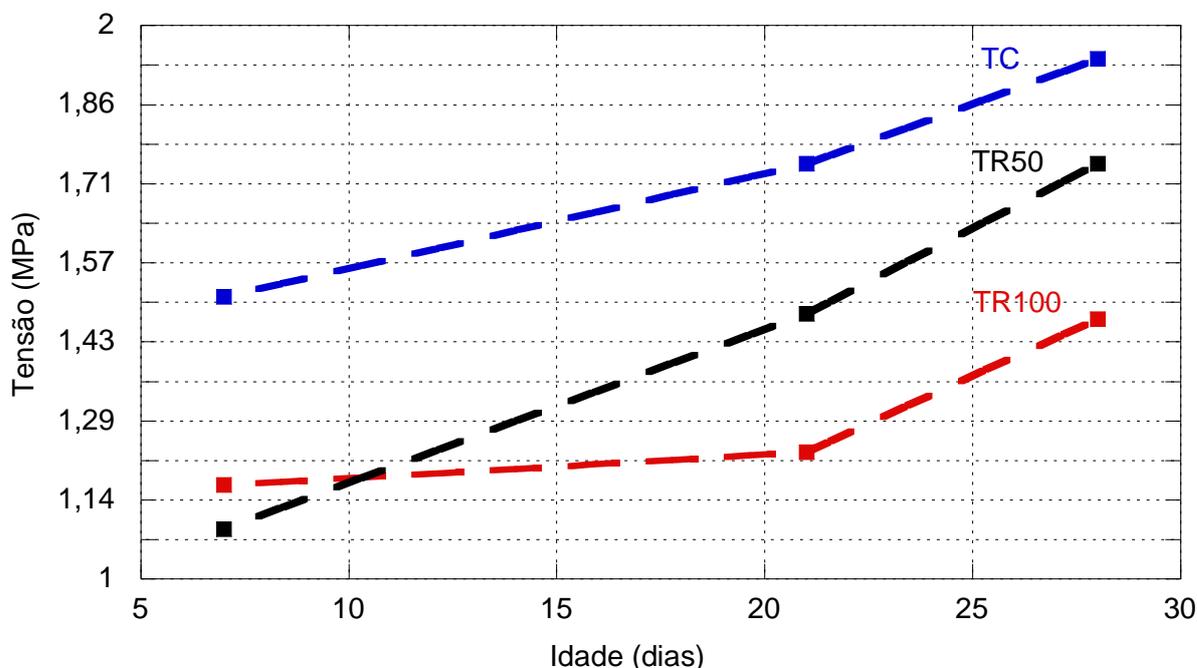


Figura 10 – Comportamento da evolução da resistência à tração.

Fonte: Arquivo pessoal

Quanto ao módulo de elasticidade os ensaios apresentaram maiores valores para o traço com agregados convencionais, de maneira que o traço com 100% de agregados graúdos reciclados TR100 apresentou apenas 52,7% da capacidade aferida no traço TC, enquanto o traço com 50% de agregado graúdo reciclado, TR50, apresentou 66,3%.

Esse comportamento está relacionado às propriedades intrínsecas dos agregados utilizados, enquanto o agregado convencional é uma rocha granítica, e apresenta, segundo a literatura um módulo de elasticidade entre 40 e 70 GPa, materiais cerâmicos como tijolos apresentam de 3 a 5 GPa. A tabela 6 apresenta os valores do módulo de elasticidade aos 28 dias.

Tabela 6: Módulo de elasticidade aos 28 dias.

Traços	Módulo de elasticidade (GPa)
TC	22,40
TR50	14,85
TR100	11,80

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de agregados reciclados provenientes de resíduos cerâmicos mostra-se como uma alternativa sustentável e tecnicamente viável para a produção de concretos, especialmente em aplicações não estruturais. A substituição parcial de agregados graúdos convencionais por reciclados demonstrou potencial para melhorar o desempenho mecânico em

algumas condições, atingindo resistência à compressão superior à do concreto convencional. No entanto, as características específicas desses agregados, como alta absorção de água e menor massa específica, exigem adaptações no traço do concreto.

Os resultados indicam que a substituição parcial (50%) é mais eficiente em termos de resistência e trabalhabilidade, enquanto a substituição total (100%) acarreta perdas significativas no desempenho mecânico, como menor resistência à compressão, módulo de elasticidade reduzido e trabalhabilidade comprometida. Ajustes como a pré-molhagem dos agregados e a adequação da relação água/cimento são fundamentais para minimizar esses impactos e garantir melhores propriedades ao concreto.

Dessa forma, o uso de agregados reciclados não apenas promove a reutilização de resíduos na construção civil, mas também contribui para a redução de impactos ambientais e a adoção de práticas mais alinhadas à economia circular. Apesar de suas limitações, a aplicação desses materiais apresenta um caminho promissor para a sustentabilidade no setor, incentivando estudos futuros para otimizar seu uso em diferentes contextos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67: concreto. Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, fev. 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: concreto. Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, jul. 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7222: argamassa e concreto. Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, mar. 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: cimento portland. Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, abr. 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15116: Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland – Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, jun. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, ago. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9776: Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro, mar. 1987.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16917: Agregado graúdo – Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro, abr. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 45: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, abr. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, jan. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8522: Concreto endurecido – Determinação dos módulos de elasticidade e de deformação. Rio de Janeiro, ago. 2021.

CABRAL, A. E. B.; V. SCHALCH; D. C. C. DAL MOLIN; J. L. D. RIBEIRO; RASIAH SRI RAVINDRARAJAH. Desempenho de concretos com agregados reciclados de cerâmica vermelha. São Paulo: Associação brasileira de cerâmica, 2009.

CARVALHO, A. C.; Efeito da adição de agregados reciclados na resistência ao cisalhamento de vigas de concreto armado. Universidade Federal do Pará. 2018.

CIRELLI, S. A. Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental-ABES – 2011.

FONSECA A. P. Estudo comparativo de concretos com agregado graúdo reciclado de telha cerâmica e agregado graúdo natural. Universidade Federal de Uberlândia – UFU. Uberlândia (2006).

GOMES, H. C. agregados reciclados em concretos para a mitigação de impactos da indústria da construção civil. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Varginha 2021.

LEITE, M. B.; Avaliação de propriedades de concretos produzidos com agregados de resíduos de construção e demolição. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre 2001.

LIMA, M. F.; QUEIROZ, M. S. S.; FILHO, O. B. B.; FERREIRA, D. B.; MELO, R. D. R. Análise comparativa de concreto com agregados graúdos reciclados de telha cerâmica e agregados graúdos convencionais. In: ANAIS DO 60º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, Foz do Iguaçu - 2018.