

FEASIBILITY STUDY OF REUSING CONCRETE WASTE AS AGGREGATE IN CIVIL CONSTRUCTION

ESTUDO DE VIABILIDADE DO REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DE CONCRETO COMO AGREGADO NA
CONSTRUÇÃO CIVIL

ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE CONCRETO COMO AGREGADO EN LA
CONSTRUCCIÓN CIVIL

Victoria Ktahrine Oliveira Tinoco¹

Luís Fernando da Silva Santos²

Paulo Ricardo Alves dos Reis Santos³

DESCRIPTORS

resíduos da construção
civil, agregados reciclados,
concreto sustentável,
impacto ambiental.

DESCRITORES

construction and
demolition waste, recycled
aggregates, sustainable
concrete, environmental
impact

DESCRIPTORES

residuos de construcción y
demolición, agregados
reciclados, hormigón
sostenible, Impacto
ambiental

ABSTRACT

This research addresses the feasibility of using construction and demolition waste (CDW) as an aggregate in new concrete mixtures, aiming to reduce the consumption of natural resources and minimize the environmental impacts of the construction industry. Based on data from ABRECON (2015) indicating the high volume of CDW generated in Brazil, the research sought alternatives for the reuse of these materials. This work was characterized as an experimental research that aimed to analyze the physical and mechanical properties of concrete using the partial substitution of 10%, 15%, and 20% of the fine aggregate by recycled fine aggregate from concrete waste, divided into three stages: analysis of the physical properties of the aggregate, analysis of the mechanical properties of concrete, and strength of concrete with recycled aggregate; the concrete waste was obtained from a precast concrete company located in Caxias-MA. With the results obtained in this research, it was possible to characterize the recycled fine aggregate and its effects on the substitution in the traditional concrete mix. It was analyzed that such substitution is feasible, since the waste conferred results of workability and strengths similar to the reference mix and contributes to the sustainability of the construction industry.

RESUMO:

Esta pesquisa trata-se da viabilidade de utilizar resíduos da construção civil (RCC) como agregado em novas misturas de concreto, visando reduzir o consumo de recursos naturais e minimizar os impactos ambientais da construção civil. A pesquisa, fundamentada em dados da ABRECON (2015) que apontam para o alto volume de RCC gerado no Brasil, buscou alternativas para o reaproveitamento desses materiais. O presente trabalho caracterizou-se como uma pesquisa experimental que teve por objetivo analisar as propriedades físicas e mecânicas de concreto utilizando a substituição parcial de 10%, 15% e 20% do agregado miúdo por agregado miúdo reciclado proveniente de resíduos de concreto dividida em três etapas: análise das propriedades físicas do agregado, análise das propriedades mecânicas do concreto e resistência do concreto com agregado reciclado; os resíduos de concreto foram obtidos numa empresa de pré-moldados localizada em Caxias-MA. Com os resultados obtidos nessa pesquisa foi possível caracterizar o agregado miúdo reciclado e seus efeitos na substituição no traço do concreto tradicional. Analisou-se que tal substituição é viável, visto que os resíduos conferiram resultados de trabalhabilidade e resistências semelhantes ao traço de referência e contribuem para a sustentabilidade da construção civil.

RESUMEN:

Esta investigación aborda la viabilidad de utilizar residuos de construcción y demolición (RCD) como agregado en nuevas mezclas de concreto, con el objetivo de reducir el consumo de recursos naturales y minimizar los impactos ambientales de la construcción. La investigación, basada en datos de ABRECON (2015) que señalan un alto volumen de RCD generado en Brasil, buscó alternativas para el aprovechamiento de estos materiales. El presente trabajo se caracterizó como una investigación experimental que tuvo como objetivo analizar las propiedades físicas y mecánicas del concreto utilizando la sustitución parcial del agregado fino por agregado fino reciclado proveniente de residuos de concreto, dividida en tres etapas: análisis de las propiedades físicas del agregado, análisis de las propiedades mecánicas del concreto y resistencia del concreto con agregado reciclado; los residuos de concreto se obtuvieron en una empresa de prefabricados ubicada en Caxias-MA. Con los resultados obtenidos en esta investigación fue posible caracterizar el agregado fino reciclado y sus efectos en la sustitución en la dosificación del concreto tradicional. Se analizó que tal sustitución es viable, ya que los residuos proporcionaron resultados de trabajabilidad y resistencias similares a la dosificación de referencia y contribuyen a la sostenibilidad de la construcción.

¹ Discente do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil. Centro Universitário de Ciência e Tecnologia do Maranhão - UniFacema. Caxias, Maranhão - Brasil. E-mail: victoriatinoco5740@gmail.com

² Discente do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil. Centro Universitário de Ciência e Tecnologia do Maranhão - UniFacema. Caxias, Maranhão - Brasil. E-mail: silvafernando246@gmail.com

³ Engenheiro Civil. Docente do Curso de Engenharia Civil. Mestre em Engenharia de Materiais pelo Instituto Federal do Piauí - IFPI. Centro Universitário de Ciência e Tecnologia do Maranhão - UniFacema. Caxias, Maranhão - Brasil. E-mail: pauloricardo.ars@gmail.com

1. INTRODUÇÃO/CONSIDERAÇÕES INICIAIS



A construção civil é um setor da sociedade altamente poluente, tanto no sentido da extração de matérias-primas quanto no alto volume de Resíduos de Construção Civil (RCC) que são gerados pelas obras. De acordo com a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2015), o Brasil gera aproximadamente 84 milhões de metros cúbicos de RCC's, dentre esses resíduos, o concreto e blocos representam 29%, ocupando a segunda posição.

O concreto é composto por agregados miúdos, agregados graúdos, cimento e água. O agregado miúdo mais comum na fabricação do concreto é a areia lavada, obtida pela extração de areia do fundo de rios por meio de dragas de sucção, essa retirada provoca impactos no ambiente, principalmente acelerando o processo de assoreamento de rios, que pode ocasionar transbordamentos e destruição da biodiversidade e ecossistemas. De acordo com o relatório lançado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), em 2022, o volume de areia retirado em um ano atingiu a marca de 50 bilhões de toneladas, apontando para a necessidade de adotar melhores práticas de extração e gestão deste material.

Atualmente, a maioria dos países desenvolvidos ou que estão em desenvolvimento sofrem com a escassez de matéria-prima, como a brita e a areia. Para solucionar este problema de falta de insumos naturais, alguns países desenvolveram estudos para se utilizar os resíduos de construção civil para a produção de concreto.

Dessa forma, o uso desses resíduos de concreto como agregados alternativos pode contribuir para reduzir a retirada de matéria-prima de fontes não renováveis e minorar

gastos e impactos associados com a extração de recursos naturais (CARNEIRO et al., 2001). Onde, mais de 75% dos resíduos gerados pela indústria da construção civil têm potencial de valorização, reciclagem ou reuso (YEHEYIS et al., 2013). Os RCC apresentam, portanto, elevado potencial de reciclagem e baixa periculosidade, consequentemente não os reaproveitar significa perder importante fonte de materiais alternativos.

Portanto este estudo, tem como objetivo avaliar o reaproveitamento dos resíduos de concreto como agregado miúdo na construção civil.

Através dos resultados aqui obtidos buscou-se propiciar alternativas para a promoção de construções sustentáveis e com capacidade de gerar maior valor agregado e redução de impactos ambientais pelas construções.

2. METODOLOGIA



O presente estudo caracterizou-se como uma pesquisa experimental com a adição do agregado miúdo ao concreto e a verificação dos efeitos que essa adição nas propriedades físicas e mecânicas desse material. Para Gil (2019), a pesquisa experimental consiste essencialmente em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis capazes de influenciá-lo e definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

Para a realização da pesquisa foram utilizados resíduos de concreto originados de corpos de provas de produtos pré-fabricados que foram descartados após ensaios de ruptura ou por reprovação nos testes de qualidade. Os resíduos foram coletados em uma empresa de pré- moldados, localizada em Caxias - MA. Esses resíduos passaram por beneficiamento manual, onde foram escolhidos os resíduos em tamanhos reduzidos a fim de facilitar a trituração que ocorreu com auxílio de marreta para atingir a granulometria adequada para realização dos ensaios.

Figura 01: Corpos de prova descartados



Fonte: Autores, 2024.

O programa experimental foi dividido em quatro etapas:

- Análise das propriedades físicas do agregado reciclado
- Análise das propriedades físicas do concreto
- Moldagem dos corpos de prova
- Análise das propriedades mecânicas do concreto

2.1) ANÁLISES DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO AGREGADO RECICLADO

2.1.1) Granulometria

Para esse ensaio foi reservada uma amostra de 950g do agregado miúdo reciclado que passou pelas peneiras granulométricas com aberturas especificadas na série principal da NBR 17054:2022 - Agregados - Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio e submetida ao agitador mecânico por um período de 1,5 minutos. Após a agitação, o material retido em cada peneira foi pesado e anotado em uma tabela, onde foi calculada a porcentagem média dos valores retidos e acumulados. Com os resultados foi possível determinar a curva granulométrica que mostra graficamente a distribuição dos grãos da amostra, o diâmetro máximo do agregado que indica a maior dimensão das partículas da amostra e o módulo de finura que indica o grau de finura da amostra.

2.2) ANÁLISES DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO CONCRETO

2.2.1) Slump Test

Ensaio utilizado para avaliar a consistência do concreto fresco e conferir a sua trabalhabilidade. Nesse ensaio, o concreto fresco foi adicionado a um tronco de cone em três etapas, em cada etapa era feito o adensamento manual do concreto com o auxílio de uma haste metálica realizando 25 golpes em cada etapa.

Figura 02: Abatimento do tronco de cone



Fonte: Autores, 2024.

2.3) MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA

Foram produzidos um total de 12 corpos de prova, com base na NBR 5738:2015, divididos em 04 grupos, sendo eles: traço de referência (1:2:3), traço com substituição de 10% do agregado miúdo, traço com substituição de 15% do agregado miúdo e traço com substituição de 20% do agregado miúdo.

Tabela 01: Traços do concreto

TRAÇO DE CONCRETO	MATERIAL				
	CIMENTO (Kg)	AREIA (Kg)	BRITA (Kg)	ÁGUA (L)	AGREGADO RECICLADO (g)
TRAÇO DE REFERÊNCIA (TR)	3	6	9	2,6	0
TR + 10% DE AGREGADO RECICLADO	3	5,4	9	1,8	600
TR + 15% DE AGREGADO RECICLADO	3	5,1	9	1,8	900
TR + 20% DE AGREGADO RECICLADO	3	4,8	9	1,8	1200

Fonte: Autores, 2024.

Após a moldagem dos corpos de prova, os mesmos permaneceram em repouso em superfície plana e foram desmoldados após um período de 24 horas e somente então levados a uma caixa d'água para o processo de cura saturada, onde permaneceram por 07, 14 e 21 dias.

Figura 02: Corpos de prova em cura saturada



Fonte: Autores, 2024.

2.3) ANÁLISES DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO

2.3.1) Resistência a compressão

Para obter os valores de resistência a compressão dos corpos de prova cilíndricos com a substituição do agregado e do traço de referência, os corpos de prova foram rompidos e submetidos ao ensaio de compressão axial conforme NBR 5739:2018 - Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.

Figura 03: Corpo de prova rompido



Fonte: Autores, 2024.

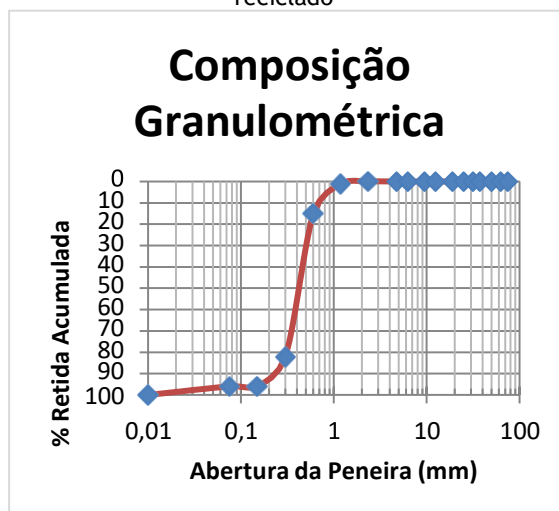
A máquina responsável pela aplicação da carga de compressão foi a prensa hidráulica da marca Contenco Pavitest, a velocidade de aplicação da carga não é especificada em norma, sendo a recomendação apenas que a velocidade seja contínua.

3. RESULTADOS

3.1 GRANULOMETRIA

Com os resultados obtido pelo teste de granulometria foi possível realizar as análises sobre o agregado em estudo e determinar seu módulo de finura e a curva granulométrica, necessários para classificar esse material quanto ao diâmetro de suas partículas.

Gráfico 01: Curva granulométrica do agregado reciclado



Fonte: Autores, 2024.

A curva indica que o agregado miúdo reciclado possui uma boa graduação, com uma distribuição majoritariamente uniforme dos tamanhos das partículas, isso significa que o agregado irá preencher de forma adequada os vazios do concreto, resultando em um concreto mais coeso e resistente.

O diâmetro máximo obtido foi igual a 1,18mm e indica que a areia é fina como é comum observar em agregados miúdos para concreto, o módulo de finura igual a 1,94 também caracteriza esse agregado como fino.

Os resultados indicam, com base na sua finura, que o agregado é adequado para substituição do agregado miúdo convencional.

3.2. SLUMP TEST

Após o preparo do concreto fresco, foi realizado o teste de abatimento do tronco de cone, também chamado slump test, onde o ensaio foi realizado conforme descrito em norma, com os valores obtidos com o abatimento de cada traço de substituição e o traço de referência, descritos na tabela.

Tabela 01: Abatimento do tronco de cone

TRAÇO DE CONCRETO	MATERIAL				
	CIMENTO (Kg)	AREIA (Kg)	BRITA (Kg)	ÁGUA (L)	AGREGADO RECICLADO (g)
TRAÇO DE REFERÊNCIA (TR)	3	6	9	2,6	0
TR + 10% DE AGREGADO RECICLADO	3	5,4	9	1,8	600
TR + 15% DE AGREGADO RECICLADO	3	5,1	9	1,8	900
TR + 20% DE AGREGADO RECICLADO	3	4,8	9	1,8	1200

Fonte: Autores, 2024.

O traço com substituição parcial de 10% do agregado reciclado obteve um abatimento de 100mm, uma melhora significativa da trabalhabilidade do concreto em estudo, sendo caracterizado com uma trabalhabilidade de média a alta. Indicado para concretos com taxa de armadura normal, com adensamento manual ou adensamento com vibração para seções densamente armadas.

O traço com substituição parcial de 15% do agregado reciclado obteve um abatimento de 110mm, uma leve melhoria em relação ao traço com substituição de 10%. O valor do abatimento classifica-se como alto indicado para elementos estruturais com lançamento bombeado do concreto.

O traço com substituição parcial de 20% do agregado reciclado obteve um abatimento de 60mm, uma queda significativa da trabalhabilidade podendo afetar no lançamento do concreto. É indicado para elementos estruturais com lançamento bombeado do concreto.

Após obter as informações do Slump Test, os corpos de prova foram moldados e devidamente identificados antes de serem submetidos a cura saturada.

Figura 02: corpos de provas moldados



Fonte: Autores, 2024.

3.3) Resistência a compressão

A resistência à compressão é uma propriedade fundamental do concreto, indicando a capacidade do material de suportar cargas sem se deformar permanentemente. A determinação da resistência do corpo de prova foi realizada em laboratório e os valores obtidos estão descritos na tabela.

Tabela 02: resistência do concreto

Traço de concreto	Resistência à compressão do concreto (fc) em MPa		
	7 dias	14 dias	21 dias
TRAÇO DE REFERÊNCIA (TR)	17,48	20,11	18,25
TR + 10% DE AGREGADO RECICLADO	16,91	17,27	19,95
TR + 15% DE AGREGADO RECICLADO	18,29	17,91	21,96
TR + 20% DE AGREGADO RECICLADO	16,34	18,50	23,31

Fonte: Autores, 2024.

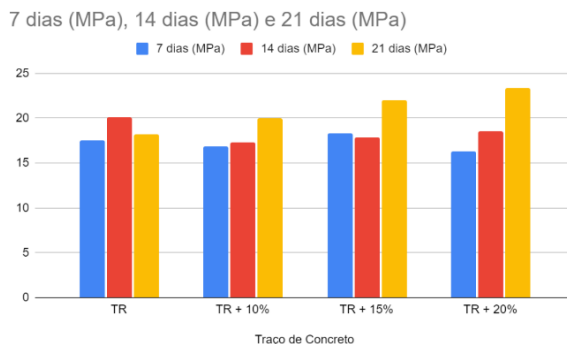
Com os dados é possível observar que após 07 dias de cura os corpos de prova não obtiveram uma diferença significativa entre seus valores, sendo o traço de referência igual a 17,48 MPa, houve uma redução de 0,57 MPa (3,4%) e 1,14 (6,9%) MPa dos traços de 10% e 20%, respectivamente, e um aumento de 0,81 MPa (4,4%) para o traço de 15% de substituição.

Aos 14 dias de cura, o traço de referência apresentou o melhor valor de resistência em comparação com os demais que obtiveram uma perda de resistência de 2,84 MPa (16,4%), 2,2 MPa (12,3%) e 1,61 MPa (8,7%), nos traços de 10%, 15% e 20%, respectivamente.

Aos 21 dias de cura, a resistência apresentou resultados mais significativos, atingindo o maior valor dentre os demais. O traço de referência foi

igual a 18,25 MPa, enquanto o traço de 10% obteve um aumento de 1,7 MPa (9,3%), o traço de 15% obteve um aumento de 3,71 MPa (20,3%) e a maior amplitude sendo do traço de 20% com um aumento de 5,06 MPa em relação ao traço de referência, uma melhoria de 27,7% do valor inicial.

Gráfico 02: Resistência a compressão



Fonte: Autores, 2024.

No gráfico acima é possível visualizar a diferença entre os valores obtidos, fica evidente que o concreto com substituição de 20% do agregado foi o que apresentou maior variação positiva da resistência aos 21 dias de cura, em relação ao traço de referência e a substituição de 10% e 15% de agregado no mesmo período. A amplitude entre a menor resistência e a maior foi de 5,06 Mpa.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo analisar as propriedades físicas e mecânicas de concreto utilizando a substituição parcial de 10%, 15% e 20% do agregado miúdo por agregado miúdo reciclado proveniente de resíduos de concreto. Analisou-se que tal substituição é viável, visto que os resíduos conferiram resultados de trabalhabilidade e resistências semelhantes ao traço de referência. O presente trabalho visou ainda possibilitar a reutilização desses resíduos afim de sustentabilizar a produção de concreto, sendo importante que sejam feitos mais ensaios para compreender melhor o comportamento desse

agregado reciclado.

Ao demonstrar a viabilidade do uso de materiais reciclados na construção, este estudo incentiva a adoção de práticas mais sustentáveis. Os benefícios incluem a melhoria da qualidade dos produtos, a redução de custos de obras e um impacto positivo ao meio ambiente retirando do meio ambiente produtos que seriam descartados.

5. REFERÊNCIAS

1. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.
2. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão dos corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: 2018.
3. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6467: Agregados - Determinação do inchamento de agregado miúdo - Método de ensaio. Rio de Janeiro: 2006.
4. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro, 2022.
5. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16889: Concreto - Determinação Da Consistência Pelo Abatimento Do Tronco de Cone. Rio de Janeiro. 2020.
6. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 17054: Agregados - Determinação da composição granulométrica - método de ensaio. Rio de Janeiro, 2022
7. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NM 52: Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: 2009.
8. BAUER, L. A F. Materiais de Construção - Vol. 1. Grupo GEN, 2019. E-book. ISBN 9788521636632. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521636632/>. Acesso em: 30 abr. 2024.
9. EODORO, Nuno Filipe Godinho. Contribuição para a Sustentabilidade na Construção Civil: Reciclagem e Reutilização de Materiais. Universidade Técnica de

