

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE CORPOS DE PROVA COMO AGREGADO MIÚDO NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

Study of the application of iron ore tailings as a fine aggregate for the production of concrete

THALYTA CAROLINA DE SOUZA
UNILESTE MG

RAQUEL SOARES PEREIRA
UNILESTE MG

DANIEL ALVES PEREIRA SILVA
UNILESTE MG

LUCAS PINTO DE CARVALHO
UNILESTE MG

Agradecimento à órgão de fomento:
Centro Universitário do Leste de Minas Gerais

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE CORPOS DE PROVA COMO AGREGADO MIÚDO NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

Objetivo do estudo

A pesquisa tem como objetivo a utilização de resíduo de corpo de prova como agregado miúdo na produção de concreto, substituindo parcialmente a quantidade de areia.

Relevância/originalidade

As concreteiras não possuem destinação específica para os resíduos, e por meio de pesquisas apresentar resultados favoráveis do uso de resíduo de corpo de prova em concretos reduziria o passivo ambiental ocasionado pelos descartes em aterros sanitários e geraria economia nas empresas.

Metodologia/abordagem

O trabalho se pautou em pesquisa bibliográfica, em que foram buscados na literatura exemplos de aplicação do uso do resíduo de corpo de prova. É também em pesquisa de campo, pois foram feitos ensaios em laboratório para análise das propriedades do concreto.

Principais resultados

No estado fresco o concreto ficou menos trabalhável e rígido. Após endurecido apresentou resistência inferior, mas com diferença desprezível, o que viabiliza a sua aplicação em diversas áreas específicas da engenharia civil, podendo ser também em projetos estruturais.

Contribuições teóricas/metodológicas

No estudo teórico foi apresentando os principais autores que abordam sobre o tema. Foi apresentada também uma tabela analisando a quantidade de resíduos gerados pelas concreteiras. A metodologia foi adaptada artigos, pode ser utilizada como modelo em outras pesquisas.

Contribuições sociais/para a gestão

A adoção da reciclagem do resíduo de corpo de prova reduziria o espaço em aterros sanitários e nas empresas, geraria economia para as concreteiras e criaria novos postos de trabalho, o que torna a sua aplicação prática sustentável.

Palavras-chave: Concreto, Minério de ferro, Agregado, Resistência, Sustentabilidade

Study of the application of iron ore tailings as a fine aggregate for the production of concrete

Study purpose

The research aims to use test specimen residue as fine aggregate in the production of concrete, partially replacing the amount of sand.

Relevance / originality

Concrete makers do not have a specific destination for waste, and through research, presenting favorable results for the use of test specimen waste in concrete would reduce the environmental liability caused by disposal in landfills and would generate savings for companies.

Methodology / approach

The work was based on bibliographical research, in which examples of application of the use of test specimen residue were sought in the literature. It is also in field research, as tests were carried out in the laboratory to analyze the properties.

Main results

In the fresh state, the concrete became less workable and rigid. After hardening, it presented lower resistance, but with a negligible difference, which makes its application possible in several specific areas of civil engineering, and may also be used in structural projects.

Theoretical / methodological contributions

In the theoretical study, the main authors who approach the subject were presented. A table analyzing the amount of waste generated by concrete companies was also presented. The methodology was adapted articles, can be used as a model in other research.

Social / management contributions

The adoption of recycling test specimen waste would reduce space in landfills and in companies, would generate savings for concrete companies and create new jobs, which makes its practical application sustainable.

Keywords: Concrete, Iron ore, Aggregate, Resistance, Sustainability

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE CORPOS DE PROVA COMO AGREGADO MIÚDO NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

1 INTRODUÇÃO

A construção civil causa grande impacto ambiental no que diz respeito a poluição e degradação do meio ambiente. Segundo dados da pesquisa setorial da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (Abrecon 2020), o Brasil produz aproximadamente 100 milhões de toneladas de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) por ano. Além disso, a construção civil é grande consumidora de matéria-prima natural não-renovável. Portanto, faz-se necessário a busca por alternativas sustentáveis nesse setor.

Uma solução é a adição de resíduos de construção na cadeia produtiva de empresas ou em obras de construção civil. Na literatura foi observado que estes resíduos possuem potencial de reutilização como matéria-prima, podendo oferecer resistência e durabilidade similares aos agregados graúdo e miúdo já utilizados em obra, por exemplo (Buttler, 2003).

Outro exemplo de resíduo gerado devido às construções são os corpos de prova rompidos em concreteiras, que ainda não possui forma de reaproveitamento. Na região do Vale do Aço as usinas de concreto ainda não possuem formas de reaproveitamento do resíduo, sendo descartado na maioria dos casos em aterros sanitários. Nas empresas onde é produzido o concreto usinado são feitos estes corpos de prova para teste de resistência do concreto.

Em algumas pesquisas são apresentados resultados satisfatórios quanto ao uso de RCP em substituição ao agregado miúdo ou graúdo utilizado no concreto. Segundo Santos *et al.* (2016), é possível utilizar o agregado reciclado proveniente de RCP em substituição ao agregado graúdo na produção de concretos estruturais e obter resultados positivos.

A aplicação da pesquisa pode contribuir de maneira significativa para a preservação do meio ambiente e para a redução do gasto energético, uma vez que evitará o descarte dos corpos de prova e substituirá, em parte, o uso do agregado convencional, proveniente de matéria-prima natural que passa por processos industriais. Além disso, a utilização do agregado reciclado pode ser mais viável economicamente, já que o produto seria descartado inicialmente. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo a realização de uma pesquisa bibliográfica e laboratorial avaliando o uso de corpo de prova como agregado reciclado empregado na produção de concreto, substituindo o agregado miúdo natural.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Elementos que constituem o concreto

O concreto é basicamente constituído de cimento, água, areia, brita e em momentos específicos os aditivos. O cimento é o responsável pelo endurecimento do composto e pelo ganho de sua resistência. Cimento é uma palavra derivada do latim *caementum*, que na velha Roma era pedra natural de rochedos não esquadrejada, sua origem remonta há cerca de 4500 anos (Battagin, 2009). Bauer (2000) define cimento Portland como “o produto obtido pela pulverização de clínquer constituído essencialmente de silicatos hidráulicos de cálcio, com uma certa proporção de sulfato de cálcio natural, contendo, eventualmente, adições de certas substâncias”.

A NBR 7211 (2005) estabelece os parâmetros das características dos agregados miúdos e graúdos, considerando tanto origens naturais quanto industriais. Esses agregados podem ser encontrados na natureza na forma fragmentada ou serem obtidos por meio do processo de

britagem de rochas. De acordo com a definição da norma, a areia, que é um exemplo de agregado miúdo, é caracterizada por possuir grãos que passam pela peneira de abertura 4,8 mm e ficam retidos na peneira de abertura 0,075 mm. Por sua vez, o agregado graúdo, conhecido como brita, é obtido a partir do processo de britagem de rochas. Nesse caso, os grãos que compõem esse tipo de agregado passam por uma peneira com abertura nominal de malha quadrada de 152 mm e ficam retidos na peneira com abertura 4,8 mm.

Por serem produtos de baixo valor e constituírem recursos minerais dos mais acessíveis à população, a possibilidade de substituir o uso da areia e brita por outros produtos de origem natural ou industrializados é muito baixa, o que pode inviabilizar a busca de materiais alternativos e sustentáveis na confecção do concreto (Valverde, 2001).

2.2 RCP

O agregado reciclado, de acordo com o Conselho nacional do meio ambiente (CONAMA, 2002), é definido como material granular gerado por resíduos de construção, que por sua vez apresentam propriedades técnicas para utilização em obras de engenharia. Os resíduos da construção civil (RCC) são gerados em construções, reparos e reformas de obras e escavação de terrenos, que por consequência geram blocos cerâmicos, madeiras, tubulações, plásticos, rochas e solos por exemplo.

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR, 2019), no Brasil a construção civil gera aproximadamente 84 milhões de metros cúbicos de resíduos por ano, sendo 29% de concretos e blocos. O descarte anual de blocos e concretos é de 24,3 milhões de metros cúbicos. A grande quantidade de resíduos de construção gerados anualmente representa um desafio ambiental significativo, visto que os aterros destinados a esses materiais podem ficar sobrecarregados rapidamente, ocupando uma grande área e ameaçando a sustentabilidade ambiental.

Um resíduo que poderia receber mais atenção de pesquisadores e construtoras são os provenientes das indústrias que fabricam o concreto. O resíduo de corpo de prova (RCP) é gerado durante os ensaios de resistência à compressão do concreto. Esses corpos de prova são moldados em formato cilíndrico e submetidos a uma carga axial até a sua ruptura. O RCP é o material restante após o teste e, geralmente, é descartado como resíduo. No entanto, existe a possibilidade de se utilizar o RCP como material reciclado no próprio concreto, agregando valor desejado e almejando a sustentabilidade na construção civil.

Os concretos utilizando RCP pode ser utilizado em serviços de engenharia como drenagem, pré-moldados, construção civil e base e sub-base de rodovias e edificações (Souza, 2011). Também existe a possibilidade de seu uso na confecção de concretos e argamassas, prática que contribui para a redução na geração de gastos energéticos nas indústrias de agregados e cimentos (Santos *et al.* 2016).

O agregado reciclado pode ser alternativa viável em vários serviços da engenharia, inclusive em aplicações estruturais (Souza, 2011). Contudo, o agregado reciclado tem que atender determinadas parâmetros estabelecidos por normas nacionais e internacionais, para que atenda a requisitos mínimos de conformo, estética e de durabilidade (Levy, 1997). Na Figura 1 pode ser observado um muro feito com os corpos de prova já rompidos.



Figura 1: Corpos de provas na concreteira

Fonte: Os Autores (2023)

Com o intuito de compreender as medidas adotadas pelas concreteiras em relação ao descarte de seus corpos de prova, foi estabelecido contato telefônico com algumas instituições para obter informações sobre o processo que ocorre após o rompimento dos corpos de prova. O objetivo da pesquisa foi avaliar as principais abordagens utilizadas para o descarte dos resíduos, os custos associados a esse procedimento e a quantidade de corpos de prova produzidos em um período mensal. Embora os valores para o descarte de resíduos em locais licenciados possam parecer irrisórios (ver Quadro 1), o volume total de resíduos gerados é significativamente alto, ocupando uma parcela considerável dos aterros.

Quadro 1

Quantitativo de descarte de RCP gerado pelas concreteiras.

Empresas	RCP gerado no mês	Custo de descarte	Local de descarte	Como é reutilizado o RCP?
Empresa 1	10 m ³	Sem custo	Doação	Geralmente utilizado para marcação de terreno/ empreendimento
Empresa 2	4,89 m ³	Sem custo	Doação	Geralmente utilizados para paisagismo, como jardins e muros.
Empresa 3	10 m ³	R\$ 90,00/ton	Locais licenciados	Contenções, muros, divisores de espaço e outros fins.
Empresa 3	5 m ³	Sem custo	Doação	Utilizados para construção de canteiros e muros

Fonte: Autores (2023)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

As metodologias aplicadas na realização deste trabalho foram pesquisa bibliográfica (artigos, teses, monografias, dissertações, entre outros) estudo teórico e prático laboratorial (ensaio dos constituintes do concreto em seu estado fresco e endurecido), pesquisa descritiva (apresentação dos processos de aplicação do resíduo de corpo de prova em setores da construção civil) e documental (acesso de conteúdo fornecido por empresas).

3.1 Materiais utilizados

Os materiais empregados na composição do concreto produzido (ver figura 1) foram cimento Portland CP II, areia média, britas 0 e 1, água potável e o agregado miúdo reciclado

(proveniente de corpos de prova descartados após a realização do teste de resistência à compressão axial). Durante o processo de produção do concreto e realização dos ensaios, os principais itens utilizados foram: balança; betoneira; colher de pedreiro; cone de Abrams; haste de compactação; placa metálica de base; molde de corpo de prova; prensa hidráulica; triturador de bloco de concreto (utilizado para triturar os corpos de prova).



Figura 2: Materiais utilizados na produção do concreto

Fonte: Os Autores (2023)

Os corpos de prova utilizados foram doados por uma concreteira da região do Vale do aço. O material foi coletado *in loco* e levado para o laboratório, onde passou pelo processo de britagem em um britador de impacto (ver figura 3a). Posteriormente, foi peneirado na peneira com abertura da malha de 4,75mm, para separar o agregado reciclado graúdo e miúdo (ver figura 3b).



Figura 3: Corpos de prova retirados da concreteira (a) e agregado feito com RCP (b)

Fonte: Os Autores (2023)

3.2 Ensaio de granulometria

Antes de realizar o ensaio de *slump teste* é feito a análise granulométrica. O ensaio de granulometria é um método utilizado para determinar a proporção, em peso, que cada faixa específica de tamanho de partícula representa na massa total ensaiada. Esses resultados permitem construir a curva de distribuição granulométrica, fundamental para a classificação dos agregados e para estimar parâmetros relevantes, como filtros, bases estabilizadas, permeabilidade, capilaridade, entre outros (NBR 7211, 2005).

Foi feito o ensaio de granulometria por peneiramento dos agregados miúdos utilizados no concreto (areia e agregado reciclado de corpo de prova), seguindo as orientações da NBR NM 248 (2003). Como mostrado nas Tabelas 1 e 2, o módulo de finura do agregado miúdo reciclado é maior que o módulo de finura da areia, deste modo, os grãos do agregado reciclado têm maior dimensão que os grãos da areia. Tal fato pode contribuir para o empacotamento dos grãos, mas devido a quantidade de material pulverulento pode ser necessário adicionar mais água na mistura em uma obra, o que na literatura informa que reduz a resistência do concreto.

Tabela 1

Módulo de finura da areia

Abertura das peneiras (mm)	Massa retida na peneira (g)	% retida na peneira	% retida acumulada	% passante
4,75	19,75	2,83	2,83	97,17
2,36	28,37	4,06	6,89	93,11
1,18	85,70	12,25	19,14	80,86
0,6	193,75	27,68	46,82	53,18
0,3	272,92	38,99	85,81	14,19
0,15	85,85	12,27	98,08	1,92
Fundo	13,45	1,92	100	0
Módulo de finura				2,59

Fonte: Autores (2023)

Tabela 2

Módulo de finura do agregado miúdo reciclado

Abertura das peneiras (mm)	Massa retida na peneira (g)	% retida na peneira	% retida acumulada	% passante
4,75	0,0	-	-	100
2,36	648	32,4	32,40	67,60
1,18	459	22,95	55,35	44,65
0,6	320	16,00	71,50	28,50
0,3	228	11,40	82,90	17,10
0,15	177	8,85	91,75	8,25
Fundo	162	8,10	100	0
Módulo de finura				3,34

Fonte: Autores (2023)

O concreto padrão, produzido para comparar suas propriedades com o concreto com agregado reciclado foi feito a partir do seguinte traço de referência: 1; 1,51; 1,86; 0,52. Foram utilizados 11 kg de cimento, 15 kg de Areia, 19 kg de brita (sendo 6 kg de brita 0 e 13 kg de brita 1) e 6 kg de água. Para confeccionar o concreto com agregado miúdo reciclado, proveniente de corpos de prova, foi feita a substituição do agregado miúdo (areia) na ordem de 70% em relação a massa, no traço de referência.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Ensaio de slump test e moldagem dos corpos de prova

O ensaio de abatimento, também conhecido como *slump test*, é um procedimento utilizado para determinar a consistência do concreto no estado fresco. Esse ensaio é fundamental para garantir que o concreto tenha a fluidez e coesão adequada antes de ser aplicado em uma estrutura ou obra. O teste foi realizado imediatamente após a confecção do concreto, seguindo as recomendações da NBR 16889 (2020).

O primeiro concreto produzido foi com 0% de resíduos de corpo de prova em sua composição e foi utilizado como referência para análise do comportamento do outro com adição de resíduo. O concreto padrão apresentou o maior valor de abatimento, com 280 mm (ver figura 4), indicando um concreto mais fluído e com alta trabalhabilidade, com esse resultado pode-se presumir que esse concreto facilitaria trabalhos onde se necessita de uma modelagem mais complexa e um melhor adensamento.



Figura 4. Ensaio de abatimento do concreto sem resíduo

Fonte: Autores (2023)

O ensaio de abatimento com o concreto que continha 70% de RCP registrou um valor de 110 mm. O motivo do resultado ter sido um concreto mais rígido, ou menos trabalhável, é devido maior quantidade de material pulverulento e maior capacidade de absorção de água (devido conter materiais como cimento) do RCP (ver figura 5).



Figura 5. Ensaio de abatimento do concreto com 70% de resíduo

Fonte: Autores (2023)

Os corpos de prova foram moldados seguindo as instruções da norma NBR 5738 (2016). Foram moldados 6 corpos de prova para cada idade de concreto, para serem rompidos nas idades de 14 e 28 dias, respectivamente (ver figura 6).



Figura 6. Corpos de prova sendo moldados

Fonte: Autores (2023)

4.2 Ensaio de compressão axial

O ensaio de resistência à compressão axial do concreto é um procedimento fundamental para determinar a capacidade do material em suportar cargas aplicadas na direção vertical, ou seja, ao longo do seu eixo. O ensaio foi feito por meio do rompimento dos corpos de prova após 14 e 28 dias de cura, contados a partir da moldagem. O ensaio foi conduzido no laboratório, utilizando uma prensa hidráulica (ver figura 7), que aplica gradualmente uma força de compressão crescente nos corpos de prova até que eles atinjam o ponto de ruptura, foi utilizado como referência para execução do teste as recomendações da NBR 5739 (2018).



Figura 7. Corpo de prova antes e depois do rompimento, respectivamente

Fonte: Autores (2023)

O concreto fabricado sem resíduos revelou uma resistência média de 37,04 MPa, uma marca que está em conformidade com os padrões estruturais estabelecidos por norma, uma vez que o cimento empregado assegura uma resistência mínima de 30 MPa. Por outro lado, o

concreto contendo 70% de resíduos demonstrou uma resistência média de 31,55 MPa, evidenciando uma redução em relação ao concreto sem resíduos. A comparação dos resultados ressalta que o concreto sem resíduos exibe uma força superior quando comparado à mistura com uma proporção de resíduos. Apesar dessa diminuição na resistência, o concreto com 70% de resíduos ainda mantém uma resistência estrutural mínima estabelecida por norma, o que pode torná-lo adequado para determinadas aplicações (ver figura 8).

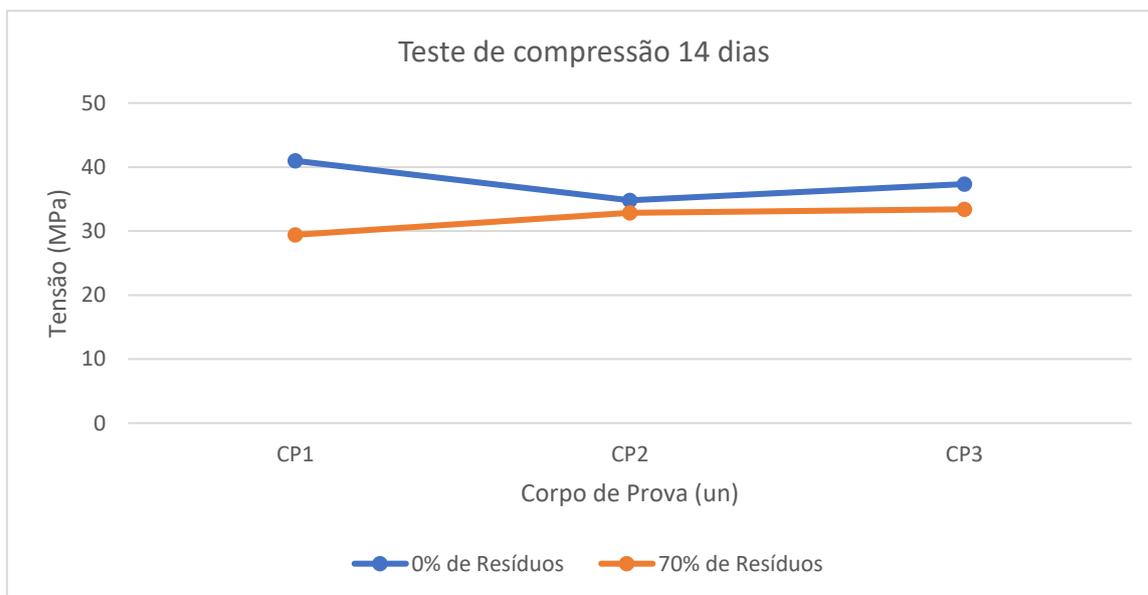


Figura 8: Teste de compressão aos 14 dias

Fonte: Autores (2023)

No ensaio de compressão aos 28 dias o concreto produzido sem a presença de resíduos registrou resistência média de 41,13 MPa. Esse resultado evidencia a eficácia em manter uma resistência substancial, o que faz com que essa formulação seja superior em termos de força quando comparada ao concreto que contém resíduos. O concreto elaborado com a inclusão de 70% de RCP demonstrou uma resistência média de 36,96 MPa. Embora seja inferior à resistência observada no concreto convencional sem resíduos, é importante ressaltar que essa resistência é considerada apropriada para muitos usos. Isso significa que, apesar da diminuição na resistência em relação ao concreto isento de resíduos, o material ainda exibe uma capacidade de suporte que o torna viável para diversas aplicações (ver figura 9).

A análise dos resultados obtidos durante a execução do projeto revelou que cada concreto, contendo diferentes percentuais de resíduos, apresentou características e propriedades distintas em termos de fluidez e resistência. Portanto é fundamental avaliar as necessidades, requisitos específicos e qual objetivo final, antes de decidir qual concreto seria ideal para utilização.

Os resultados obtidos permitem compreender como os diferentes percentuais de resíduos influenciam nas características do concreto, auxiliando na escolha mais adequada para cada situação. Por exemplo, em alguns casos, um concreto com maior fluidez pode ser necessário para facilitar o preenchimento de formas complexas, enquanto em outros casos, uma menor fluidez é mais indicada para bases e sub-base de construções.

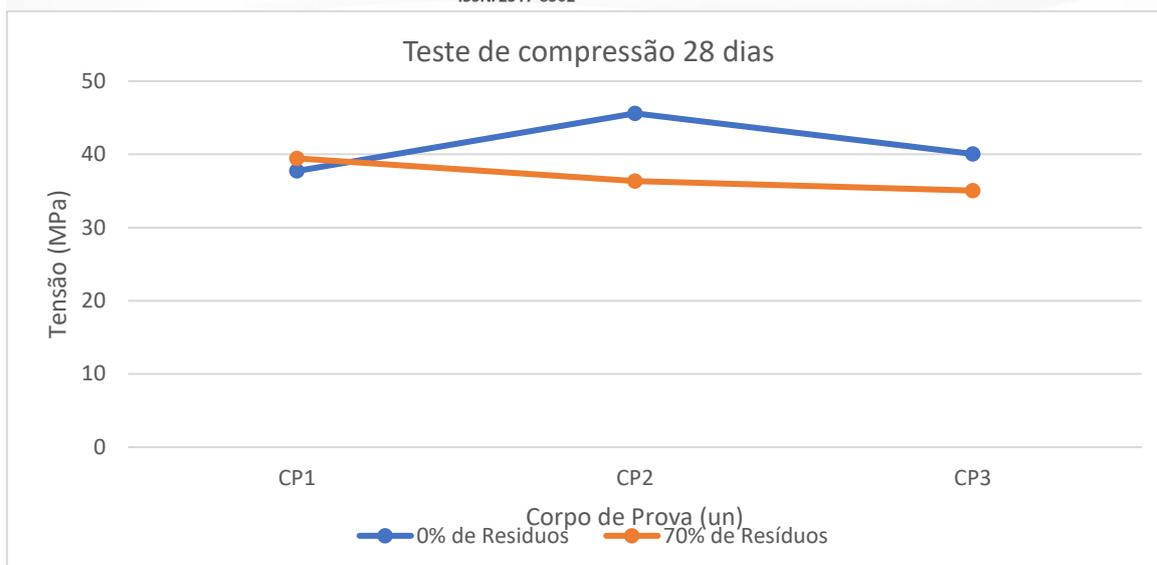


Figura 9: Teste de compressão aos 28 dias

Fonte: Autores (2023)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o estudo finalizado, foi possível constatar que a aplicação do concreto com agregado reciclado na construção civil para fins estruturais pode ser viável, pois ele apresenta níveis de resistência consideráveis. No entanto deve-se realizar pesquisas mais aprofundadas para que se tenha conhecimento sobre demais propriedades desse tipo de concreto, como por exemplo a durabilidade, resistência à tração na flexão, permeabilidade, entre outros.

Os resultados dos testes de resistência indicam claramente que o concreto sem resíduos possui uma força superior quando comparado às misturas contendo proporções de resíduos, mas com uma diferença que pode ser considerada desprezível. Neste caso, os concretos com adição de resíduos conseguiram alcançar níveis de resistência significativas, que os tornam viáveis para aplicações estruturais, especialmente considerando as características ambientais positivas associadas à reutilização de materiais.

É importante ressaltar que os resultados podem ser afetados por diversas variáveis, como a qualidade dos materiais, incluindo os resíduos de corpo de prova de concreteira, que podem influenciar diretamente nos resultados, já que cada concreto produzido foi feito a partir de diferentes corpos de prova, além de se diferenciarem nas quantidades contidas no traço.

Mesmo com os resultados positivos, é importante que se façam mais ensaios para tornar segura a aplicação do concreto com adição de resíduo de corpo de prova em construções. São indicados ensaios de durabilidade e de percolação por exemplo, que se não realizados, podem prejudicar a vida útil de uma construção.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003. ABNT – Norma Brasileira.

_____. NM 27 (2001). Agregados – Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro.

_____. NBR 7211 (2005). Agregados para concreto – especificação. Rio de Janeiro.

_____. NBR 16886 (2020). Concreto — Amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro.

_____. NBR 16889 (2020). Determinação da consistência pelo método abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro.

_____. NBR 5738 (2016). Moldagem de corpos de prova. Rio de Janeiro.

_____. NBR 5739 (2018). Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro.

_____. NBR NM 26 (2001). Agregados – Amostragem. Rio de Janeiro.

Bauer, F. L. A. (2000). Materiais de Construção. Volumes 1 e 2. Rio de Janeiro: LTC.

Battagin, A. F. Uma breve história do cimento Portland, 2009 Disponível em: <<https://abcp.org.br/cimento/historia/>> Acesso em: 28 de maio de 2023.

Butter, A.M. 2003. Concreto com Agregados Graúdos Reciclados de Concreto - Influência da Idade de Reciclagem nas Propriedades dos Agregados e Concretos Reciclados. Universidade de São Paulo.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n° 001. Brasília, 2002. Dispõe sobre gestão dos resíduos da construção civil. Resolução CONAMA n° 307. Brasília.

Grubba, D. 2016. Materiais de Construção: para gostar e aprender. Editora Createspace Independent Publishing Platform.

LEVY, Salomon M. 1997. Reciclagem do entulho da construção civil, para utilização com agregados para argamassas e concretos. São Paulo. 147p. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SANTOS, S. B. J. S. et al. Utilização de resíduos de corpos de prova em substituição do agregado graúdo de concretos. Revista InterScientia, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.unipe.br/index.php/interscientia/article/view/524>>. Acesso em: 15 de abril de 2023.

SINIR 2019 Resíduos sólidos da construção civil. Disponível em: <<https://sinir.gov.br/informacoes/tipos-de-residuos/residuos-solidos-da-construcao-civil/>>. Acesso em 27 de Julho de 2023.

SOUSA, W. F., Estudo sobre a aplicação de agregado reciclado de concreto em construção de pavimentos. 122p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2011.

VALVERDE, F. M. 2001 Agregados para construção civil. Disponível em: <<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/dnpm/publicacoes-economia-mineral/arquivos/agregados-para-contrucao-civil.pdf>>. Acesso em 25 de maio de 2023.