A INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE AGREGADOS DE RCD POR AGREGADOS MIÚDOS DE QUARTZO E GRAÚDOS DE MINÉRIO DE FERRO EM CONCRETOS NÃO ESTRUTURAIS

R. A. BERALDO
Graduanda em Eng. Civil
UFMS/Faeng
Campo Grande/MS; Brasil
beraldoa.renata@gmail.com

S. R. BERTOCINI
Professora Orientadora
UFMS/Faeng
Campo Grande/MS; Brasil
sandra.bertocini@ufms.br

E. M. S. G. FREITAS
Mestranda de pós-graduação
UFMS/Faeng
Campo Grande/MS; Brasil
enilda.msgfreitas@gmail.com

RESUMO

O setor da construção civil é o segmento da economia que apresenta um grande potencial de geração de resíduos sólidos, sendo responsável por aproximadamente 50% do total de resíduos descartados. Devido a isso, é importante adotar um novo modelo de desenvolvimento, com alternativas para o reaproveitamento destes resíduos na própria construção civil. O presente trabalho tem como objetivo a substituição percentual dos agregados de RCD por agregados miúdos de quartzo e graúdos de minério de ferro e a comparação dos resultados obtidos ao concreto de referência produzido com agregados exclusivamente de RCD. A escolha da utilização do minério de ferro buscou a melhoraria dos valores encontrados nos ensaios físicos e mecânicos. Também foram analisados resultados obtidos de ensaios de durabilidade e aspecto visual do concreto produzido. Concluímos que houve melhora em todos os resultados dos ensaios realizados no concreto após a substituição parcial dos agregados de RCD.
Palavras-chave: Concreto. RCD. Minério de ferro.

ABSTRACT

The civil construction is the segment of the economy that presents a great potential for solid waste generation, accounting for approximately 50% of the total waste discarded. Due to this, it is important to adopt a new development method with alternatives for the recycle and reuse of the waste in the civil construction. This paper seeks to replacing various percentage of recycled aggregate by natural aggregates of quartz and iron ore and to comparing the results to the reference concrete produced exclusively with recycled aggregates (CDW). The iron ore was used for increasing the results of physical and mechanical tests. Thus, it was also analyzed the results from tests of durability and visual appearance of the concrete. It was concluded that there was improvement in all tests results after partial replacement of CDW recycled aggregates.
Keywords: Concretes. CDW. Iron ore.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é um dos segmentos da economia que mais consome recursos naturais e gera grande volume de resíduos sólidos. Segundo DABHADE, CHAUDARI E GAJBHAYE (2014), é estimado que esta indústria consuma aproximadamente 50% dos recursos naturais mundiais, 40% de toda energia produzida e também gera 50% do total de resíduos sólidos descartados.O autor também cita que a destinação inadequada dos resíduos sólidos provenientes da construção civil gera graves problemas sociais e ambientais.

Em 2010, o Brasil começou a se preocupar com a gestão de resíduos sólidos oriundos das construções e demolições, após a aprovação da lei que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A lei nº 12.305 prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos em geral, inclusive da construção civil, também incentiva o aumento da reciclagem, a reutilização dos resíduos sólidos e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos.

Para BAJAD, MUTHA, HUSSAIN e KSHIRSAGAR (2015), o rápido crescimento das construções e o esgotamento dos recursos naturais exige que seja adotada uma tecnologia de reciclagem e reutilização neste setor. As construções atuais buscam impactar o mínimo possível o meio ambiente e se preocupam mais com a sustentabilidade do desenvolvimento. SILVA, FELIX, SANTOS, (2014) sugere uma escolha menos prejudicial dos materiais que serão utilizados na construção, gerando reduções em custos e desperdícios e contribuindo nas questões sociais e ambientais.

O emprego dos resíduos de construção e demolição (RCD) como agregado em concretos é viável, porém as técnicas para seu uso não são facilmente aplicadas devido a heterogeneidade da composição das amostras, variabilidade das propriedades dos agregados, falta de controle das operações de processamento e também subjetividade na qualificação visual do material, não garantindo homogeneidade do produto (ANGULO, 2005). Por essas razões, o uso dos agregados reciclados é utilizado majoritariamente em concretos de baixa resistência e responsabilidade.

Em busca de ganhos físicos e macânicos no concreto com resíduo de construção e demolição foi escolhido a utilização de minério de ferro em substituição percentual dos agregados, pois acredita-se que sua dureza possa auxiliar positivamente o concreto estudado.

Desta forma, é oportuno avaliar a influência exercida pelos resíduos de alvenaria e argamassas endurecidas na produção de novos concretos. E também, estudar a influência de adições e substituições de minério de ferro como agregado nas propriedades mecânicas do concreto, como resistência axial e diametral, absorção de água, índice de vazios e módulo de elasticidade.

Este último exerce influência significativa em um projeto estrutural, segundo BENETTI (2012), o módulo de elasticidade está associado à deformação máxima do material e seu estudo minimiza problemas como fissuração em peças de concreto armado.

Por fim, este estudo tem como objetivo avaliar a reutilização de resíduos de construção e demolição (RCD) em concretos com substituição de 5%, 10%, 15% e 20% dos agregados graúdos por agregado de minério de ferro e dos miúdos por agregado natural de quartzo.

2. METODOLOGIA

O estudo pretendeu avaliar a viabilidade de utilização destes concretos se baseando na caracterização dos agregados segundo as normas técnicas da ABNT, moldagem de corpos de prova e realização de ensaios para determinação da resistência à compressão axial e diametral, absorção de água, ciclagem, módulo de elasticidade e observação visual da pigmentação nos traços de concreto realizados.

2.1 Materiais Constituintes

Os agregados reciclados e a brita de minério de ferro utilizados vieram da cidade de Ribas do Rio Pardo, localizada 97Km de Campo Grande (MS). A escolha da substituição dos agregados por minério de ferro é devido ao grande estoque deste material pelo proprietário do resíduo, buscando maiores resistências no concreto endurecido. O cimento utilizado foi o CP II Z 32, a água de poço da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e aditivo superplastificante de terceira geração, conforme tabela 1. Não foi realizado qualquer ensaio para estes últimos materiais, areia natural, água, cimento Portland e aditivo.

Tabela 1 – Especificações dos materiais

Componentes do Concreto	Especificações
Cimento (C)	CP II Z 32
Areia Natural (AN)	Campo Grande - MS
Areia Reciclada (AR)	Ribas do Rio Pardo - MS
Brita de Minério (BM)	Ribas do Rio Pardo - MS
Brita Reciclada (BR)	Ribas do Rio Pardo - MS
Água (H2O)	Poço da UFMS - Campo Grande - MS
Aditivo (AD)	Super Plastificante

Fonte: Autores.

2.2 Caracterização dos Agregados

A caracterização dos agregados reciclados e do minério de ferro foram realizados de acordo com as normas brasileiras vigentes ABNT NBR NM 45:2006, ABNT NBR NM 46:2003, ABNT NBR NM 49:2001, ABNT NBR NM 52:2009, ABNT NBR NM 53:2009, ABNT NBR NM 248:2003, NBR 7211:2009.

2.3 Ensaios do Concreto Fresco e Endurecido

O ensaio feito no concreto fresco foi regido pela norma brasileira ABNT NBR NM 67:98 (ensaio de abatimento do tronco de cone). E os realizados no concreto endurecido com 7, 28 e 63 dias de moldagem seguiram as metodologias apresentadas nas normas brasileiras ABNT NBR 5739:2007 (resistência à compressão axial), ABNT NBR 7222:2011 (resistência à tração por compressão diametral), ABNT NBR 9778:1987 (absorção de água, índice de vazios e massa específica), ABNT NBR 8522:2008 (módulo de elasticidade à compressão).

2.4 Traço de concreto

Para determinação inicial dos traços de concreto, foi utilizado o método IPT/USP. Este método consiste em definir a proporção mais adequada entre os materiais constituintes do concreto estudado. Em seguida para confirmar a melhor porcentagem de teor de argamassa e quantidade total de agregados, foi realizado alguns traços de concreto testes com os mesmos materiais mencionados. Após a ruptura dos corpos de prova iniciais, foi determinado a utilização de agregados totais, m=5,0, e teor de argamassa, α=47%, e adição de 0,3% de aditivo superplastificante. O traço final determinado foi 1:1,82:3,18, teor a/c de aproximadamente 0,5 e slump 50mm. Na tabela 2, encontra-se um resumo dos traços utilizados, com as porcentagens de cada material utilizado.

Tabela 2 – Composição dos traços

Misturas	Traço (1:1,82:3,18)	α (%)	m	a/c
TR	100% AR + 100% BR	47	5,0	0,5
5ANBM 95ARBR	5% AN + 95%AR + 5%BM + 95%BR			
10ANBM 90ARBR	10% AN + 90%AR + 10%BM + 90%BR			
15ANBM 85ARBR	15% AN + 85%AR + 15%BM + 85%BR			
20ANBM 80ARBR	20% AN + 80%AR + 20%BM + 80%BR			

Fonte: Autores.

Sendo α o teor de argamassa, m quantidade de agregados totais e a/c relação água-cimento. Como o estudo visa a fabricação de peças pré-moldadas de concreto, como placas de muros, meio fio e pavers, que normalmente são moldadas em mesas vibratórias, ou até em máquinas vibro prensas, em todos os traços tentou manter o abatimento do tronco de cone em torno de 50mm.

Segundo LEVY (2001), os agregados reciclados apresentam um valor de absorção de água duas vezes superior aos agregados naturais. Devido a este fator, foi utilizado agregado graúdo saturado para evitar que a água constituinte do concreto seja absorvida pelo agregado. Adicionou 8,65% da massa do agregado em água para cada traço estudado.

O traço de referência (TR), foi elaborado apenas com agregados reciclados – 100% AR + 100%BR. Os traços seguintes foram feitos com substituição do agregado miúdo reciclado (AR) por agregado miúdo natural de quartzo (AN) e do agregado graúdo reciclado (BR) pelo agregado de minério de ferro (BM), nas seguintes proporções: 5%, 10%, 15% e 20%.

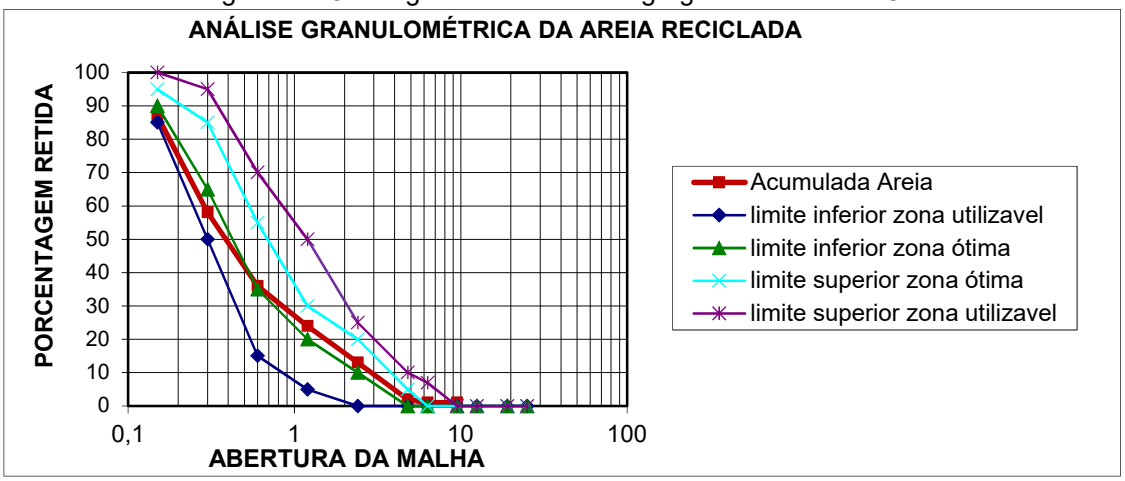
3. RESULTADOS

3.1 Caracterizações dos Agregados

3.1.1 Agregado miúdo reciclado (RCD)

Temos que a curva do material está totalmente dentro da zona limite utilizável e boa parte encontra-se dentro da zona limite ótima, como mostra a figura 1.

Figura 1 – Curva granulométrica do agregado miúdo de RCD



Fonte: Autores.

Os outros ensaios de caracterização realizados, como massa específica, massa unitária, teor de material pulverulento e impurezas orgânicas, juntamente com as características granulométricas de dimensão máxima característica e módulo de finura, encontra-se na tabela 3.

Tabela 3 – Resultados dos ensaios de caracterização do agregado miúdo reciclado

Caracterização do Agregado Miúdo Reciclado	
Massa Específica (g/cm³)	2,46
Massa Unitária (Kg/cm³)	1499,82
Teor de material puverulento (%)	7,09
Impurezas Orgânicas	Menor que 300 ppm
Dimensão Máxima Característica (mm)	4,75
Módulo de Finura	2,22

Fonte: Autores.

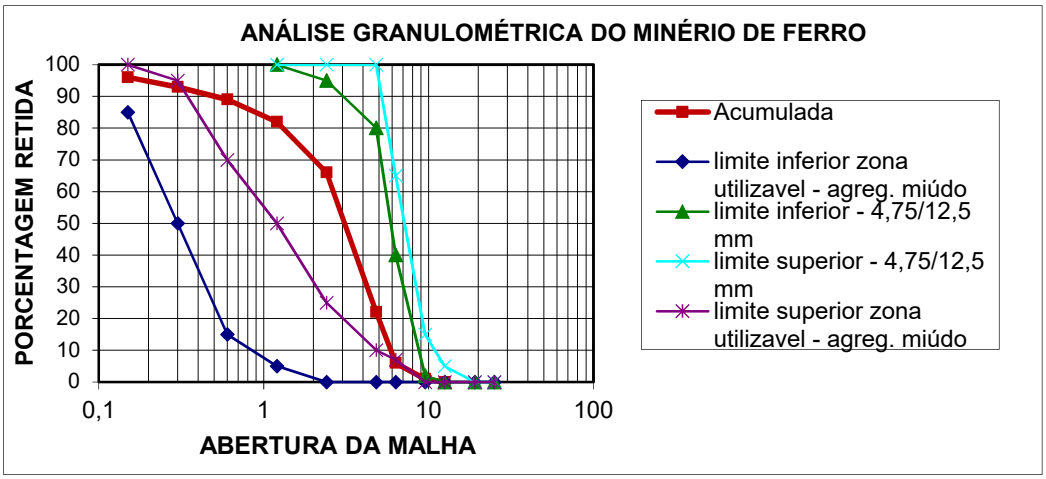
Pode-se notar que o teor de material pulverulento do agregado miúdo britado atendeu os limites estipulados pela norma ABNT NBR 7211:2009, que é 10% para concretos submetidos a desgaste superficial e 12% para concretos protegidos do desgaste superficial. O módulo de finura também respeitou o intervalo da norma da zona ótima para agregados miúdos que varia de 2,20 a 2,90.

3.1.2 Agregado de minério de ferro

Na figura 2 encontra-se a curva granulométrica do minério de ferro utilizado. É notório que a curva se encontra entre a zona utilizável superior do agregado miúdo e limite inferior da zona 4,75/12,5 mm do agregado graúdo.

Na tabela 4, estão os resultados obtidos dos ensaios de caracterização. O material não atende as especificações da norma ABNT NBR 7211:2009 para teor de material pulverulento, que é de 1% a quantidade máxima aceita para agregados graúdos. Na figura 4 temos o aspecto visual do minério de ferro utilizado neste estudo.

Figura 2 – Curva Granulométrica do Minério de Ferro



Fonte: Autores.

Tabela 4 – Resultados dos ensaios de caracterização do minério de ferro

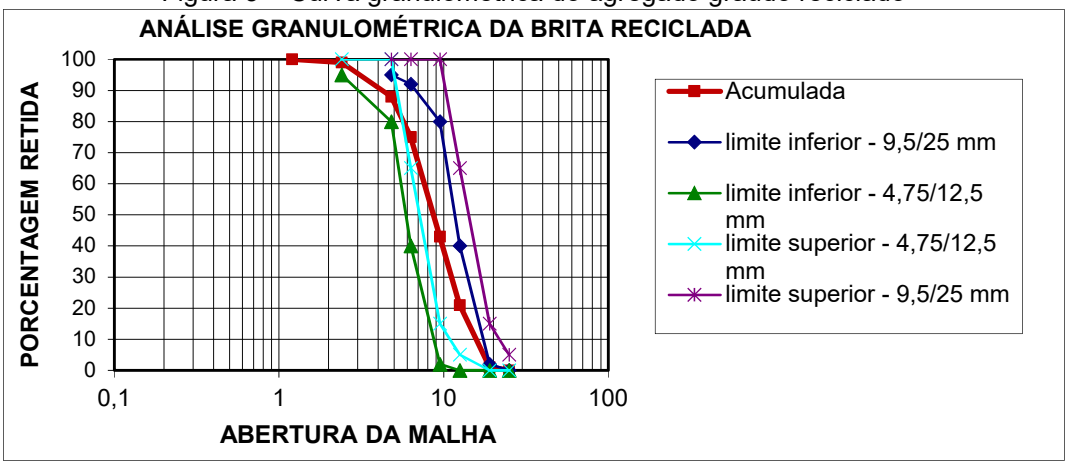
Caracterização do Minério de Ferro	
Massa Específica (g/cm³)	4,05
Massa Unitária (Kg/cm³)	2334,0
Teor de material puverulento (%)	7,91
Dimensão Máxima Característica (mm)	9,50
Módulo de Finura	4,49

Fonte: Autores.

3.1.3 Agregado graúdo reciclado (RCD)

Os mesmos ensaios descritos anteriormente foram realizados com o agregado graúdo recebido, pode-se notar pela figura 3 que sua curva granulométrica se encontra, na sua maioria, abaixo das curvas limites para agregado graúdo 9,5/25 mm e acima das curvas limite para agregado graúdo 4,75/12,5 mm proposto pela NBR NM 48:2003.

Figura 3 – Curva granulométrica do agregado graúdo reciclado



Fonte: Autores.

A tabela 5 refere-se à caracterização da amostra de agregado graúdo reciclado, com ensaios de massa específica, massa unitária, teor de material pulverulento e absorção, juntamente com as características granulométricas de dimensão característica e módulo de finura.

Tabela 5 – Resultados dos ensaios de caracterização da brita reciclada

Caracterização do Agregado Graúdo Reciclado	
Massa Específica (g/cm³)	2,13
Massa Unitária (Kg/cm³)	1293,03
Teor de material puverulento (%)	2,06
Absorção (%)	8,65
Dimensão Máxima Característica (mm)	19
Módulo de Finura	6,29

Fonte: Autores.

É possível notar que o agregado graúdo também não está dentro dos limites estipulados para teor de material pulverulento pela norma ABNT NBR 7211:2009, que é de 1% a quantidade máxima aceita.

3.2 Ensaio para determinação da Resistência à Compressão Axial

A tabela 6 apresenta os resultados de resistências à compressão axial, índice de consistência medido através do ensaio de abatimento do tronco de cone (slump test) e consumo de cimento de cada traço. Nota-se que o consumo de cimento aumentou devido à alta massa específica do minério de ferro adicionado, já que mantivemos praticamente constante a relação água-cimento e a diferença entre as massas dos agregado miúdo de RCD e natural são praticamente as mesmas.

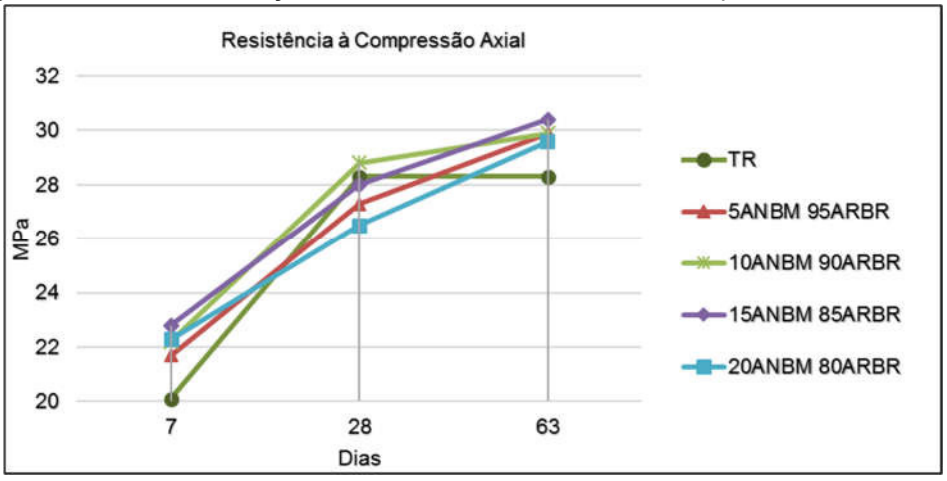
Os valores do desvio padrão (DP), coeficiente de variância (CV) e taxa de eficiência (EF) dos resultados obtidos à compressão axial aos 63 dias foram apresentados na tabela 7.

Tabela 6 – Resistência à compressão

Misturas	Traço (C:AN:AR:BM:BR)	a/c	Slump (mm)	Resistência à Compressão Axial (MPa)			Consumo de Cimento (Kg/m³)
				7 dias	28 dias	63 dias	
TR	1:0:1,82:0:3,18	0,5	44	20,1	28,3	28,3	327,73
5ANBM 95ARBR	1:0,091:1,729:0,159:3,021	0,426	35	21,7	27,3	29,9	340,23
10ANBM 90ARBR	1:0,182:1,638:0,318:2,862	0,467	70	22,2	28,8	29,9	339,88
15ANBM 85ARBR	1:0,273:1,547:0,477:2,703	0,5	51	22,8	28,0	30,4	340,47
20ANBM 80ARBR	1:0,364:1,456:0,636:2,544	0,5	54	22,3	26,5	29,6	344,93

Fonte: Autores.

Figura 4 – Gráfico da relação da idade com a resistência a compressão das misturas



Fonte: Autores.

Tabela 7 – DP, CV e EF dos valores de resistência obtidos

Misturas	DP	CV	EF
TR	0,42	0,18	1,00
5ANBM 95ARBR	0,12	0,015	1,06
10ANBM 90ARBR	0,589	0,347	1,06
15ANBM 85ARBR	0,98	0,96	1,07
20ANBM 80ARBR	1,35	1,82	1,05

Fonte: Autores.

É possível notar pela figura 5, que o agregado reciclado misturou homogeneamente na pasta de cimento e houve pequena incorporação de ar na mistura.

Figura 5 – Corpo de prova após ensaio de resistência a compressão axial



Fonte: Autores.

3.3 Ensaio para determinação da Resistência à tração por Compressão Diametral

Na tabela 8 temos os valores da tensão de ruptura à tração por compressão diametral para cada traço aos 28 dias, é possível notar que novamente os traços com adição de agregado miúdo natural e agregado graúdo de minério obtiveram melhores resultados.

Temos também comparação estatística dos valores obtidos durante o ensaio, desvio padrão (DP), coeficiente de variância (CV) e taxa de eficiência (EF).

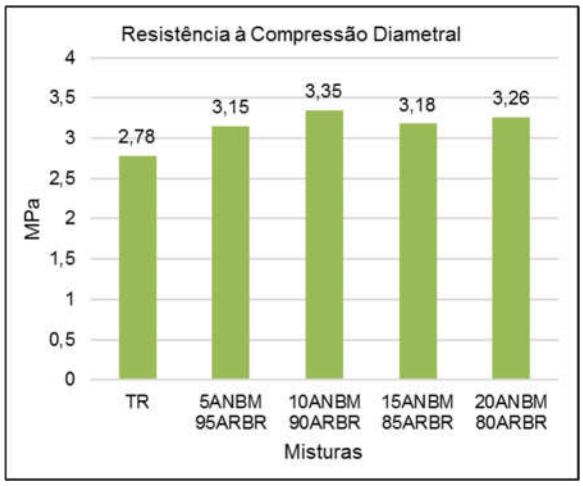
Tabela 8 – Resistência a Compressão Diametral

Misturas	Resistência à Compressão Diametral (MPa)	DP	CV	EF
TR	2,78	0,07	0,005	1,00
5ANBM 95ARBR	3,15	0,17	0,030	1,14
10ANBM 90ARBR	3,35	0,08	0,006	1,13
15ANBM 85ARBR	3,18	0,05	0,002	1,21
20ANBM 80ARBR	3,26	0,05	0,002	1,17

Fonte: Autores.

Foi possível notar durante o ensaio que o concreto rompeu primeiramente no agregado, comprovando a fragilidade dos resíduos de construção civil utilizado como agregado graúdo.

Figura 6 – Gráfico dos valores obtidos durante o ensaio de compressão diametral



Fonte: Autores.

3.4 Ensaio para determinação da Absorção de Água por imersão e Índice de Vazios

A Porcentagem de absorção de água no concreto endurecido é medido através do volume de poros existente. Ou seja, quanto maior a absorção, maior será a porosidade. Temos também que quando se diminui o índice de vazios e, consequentemente, a porosidade, a resistência é aumentada. Esta última afirmação não foi confirmada pelos ensaios feitos.

Na tabela 9, o traço TR apresentou o menor valor de índice de vazios e também, pelos ensaios já descritos acima, as menores resistências à compressão axial e diametral. E a adição do minério de ferro não interferiu significativamente na melhora do índice de absorção de água do concreto, havendo um leve aumento.

Tabela 9 – Valores obtidos no ensaio de absorção de água e índice de vazios

Misturas	Absorção de água (%)	Índice de Vazios (%)
TR	9,47	19,26
5ANBM 95ARBR	10,98	22,06
10ANBM 90ARBR	9,78	20,11
15ANBM 85ARBR	10,77	21,97
20ANBM 80ARBR	10,59	21,77

Fonte: Autores.

Nota-se pela figura 7, que a curva de porcentagem de absorção de água e a do índice de vazios para cada traço feito são diretamente proporcionais.

Pode-se relacionar o leve aumento do índice de vazios e da absorção de água pela crescente porcentagem de material pulverulento dos agregados totais, como é visto na tabela 10.

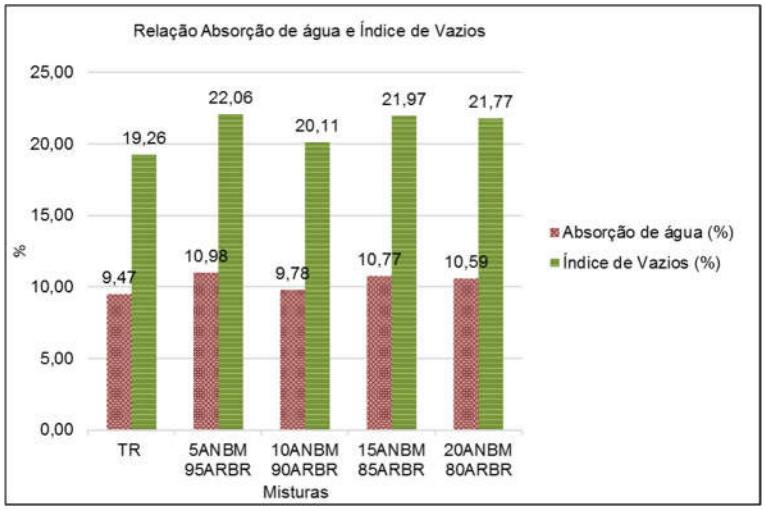
A porosidade do concreto está diretamente ligada à durabilidade, logo concretos muito porosos tendem a terem problemas de durabilidade durante sua vida útil.

Tabela 10 – Material pulverulento de agregado total das misturas

Misturas	Mat. Pulverulento (%)
TR	3,89
5ANBM 95ARBR	3,97
10ANBM 90ARBR	4,04
15ANBM 85ARBR	4,12
20ANBM 80ARBR	4,19

Fonte: Autores.

Figura 7 – Gráfico da relação Absorção de água com índice de vazios para cada mistura



Fonte: Autores.

3.5 Ensaio para determinação da Massa Específica real

A massa específica real é a relação entre a massa do material seco e o seu volume, excluindo os poros permeáveis. Nota-se pela tabela 11 e pela figura 8 que a massa específica real foi aumentando conforme a adição de agregado miúdo natural e agregado graúdo de minério de ferro aumentaram. Isto pode ser relacionado à maior massa específica da brita de minério, como foi calculado no item 3.1.2.

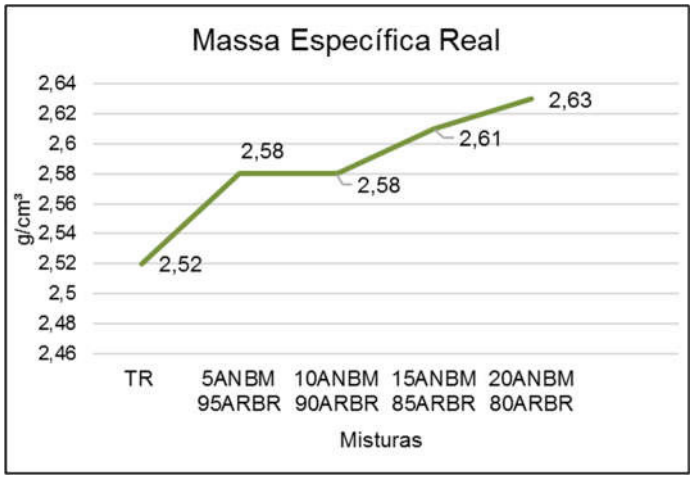
Concretos com elevados valores de massa específica podem ser prejudiciais quando usados em peças estruturais.

Tabela 11 - Valores da Massa específica de cada traço de concreto

Misturas	Massa Específica Real
TR	2,52
5ANBM 95ARBR	2,58
10ANBM 90ARBR	2,57
15ANBM 85ARBR	2,61
20ANBM 80ARBR	2,63

Fonte: Autores.

Figura 8 – Gráfico com curva da massa específica de cada mistura



Fonte: Autores.

3.6 Ensaio para determinação do Módulo de Elasticidade do concreto

Na tabela 12, encontra-se os valores em GPA do ensaio de módulo de elasticidade dos corpos de prova de cada mistura.

Tabela 12 – Valores do Ensaio de módulo de elasticidade

Misturas	Módulo de Elasticidade (GPa)
TR	19,87
5ANBM 95ARBR	21,62
10ANBM 90ARBR	22,11
15ANBM 85ARBR	23,55
20ANBM 80ARBR	22,04

Fonte: Autores.

É possível observar que todos os valores obtidos são inferiores aos encontrados na Norma Brasileira NBR 6118:2014, que é de 33,6 GPa para concretos de 25MPa e 36,8 GPa para concretos de 30MPa, logo os concretos com RCD apresentam maiores deformações que os concretos convencionais.

Segundo Santos A., Cabral L., Monteiro E. e Helene P. (2013), uma das características que afetam o módulo de elasticidade do concreto é a porosidade do agregado graúdo, ou seja, sua rigidez controla a capacidade do agregado de restringir a deformação da matriz.

Pode-se notar também que a mistura contendo apenas agregados reciclados (TR) apresentou o menor valor de módulo de elasticidade (maiores deformações do concreto), confirmando a relação da porosidade dos agregados graúdos de RCD com a queda do valor do módulo de elasticidade.

3.7 Aspecto visual

A figura 9 apresenta as cinco misturas com substituição do agregado graúdo nas porcentagens de 5%, 10%, 15% e 20%.

Figura 9 – Corte transversal dos corpos de prova moldados para análise da cor



Fonte: Autores.

Figura 10 – Comparação CP concreto convencional e mistura 20ANBN 80ARBR (20% de substituição de minério de ferro)



Fonte: Autores.

Observamos a diferença de tonalidade comparando os traços com 100% de agregados RCD (TR) e o com 20% de substituição, podendo ser uma alternativa de pigmentação para peças de concreto, como placas de muro, meio fio e paver.

4. CONCLUSÕES

A falta de uniformidade das características das amostras de agregados reciclados é o maior limitante para a produção de concretos com RCD em larga escala, pois esta diferença interfere diretamente na qualidade do produto final.

A utilização de agregados reciclados com alto teor pulverulento gerou concretos com aspecto mais seco e pouco argamassado, sendo necessário a utilização de um aditivo super plastificantes para a melhora de sua trabalhabilidade e aplicação. Mesmo assim, estipula-se o emprego deste material em concretos sem fins estruturais, como placas muro, contrapisos, calçadas e meio fio.

Em todos os traços de concreto com resíduo de construção e demolição analisados neste trabalho com substituição de minério de ferro apresentaram resistências à compressão axial e diametral superiores ao traço de referência que possuía apenas os agregados reciclados em sua composição.

Referente ao aspecto cor, todas as substituições conferiram cor ao concreto, principalmente se comprado à concreto convencional com agregados naturais.

Quanto maior a quantidade de substituição maior a sua massa específica, devido ao minério de ferro ser 92,1% mais denso que a brita de resíduo de construção e demolição.

Mesmo com as resistências previstas sendo atendidas, a utilização de concretos para fins estruturais apenas com resíduos reciclados devem ser evitados devido aos baixos valores de módulo de elasticidade encontrados.

Houve um leve aumento da absorção de água e do índice de vazios com a substituição dos agregados por minério de ferro, isto se deve ao fato da quantidade de material pulverulento das misturas também aumentarem.

Concluímos então que a utilização do agregado de minério de ferro e do agregado miúdo natural, nas proporções entre 10% a 15% de substituição, promoveu no concreto com resíduo de construção e demolição (RCD) uma melhora das propriedades físicas e mecânicas.

5. REFERÊNCIAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 46**: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 49**: Agregado miúdo - Determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53**: Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222**: Concreto e Argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8522**: Concreto – Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **. NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 1987.

ANGULO, S. C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção de demolição reciclados e a influencia de suas características no comportamento de concretos**. - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, SP, 2005.

BENETTI, J. **Avaliação do módulo de elasticidade dinâmico de concreto produzido com agregado graúdo reciclado de concreto**. – Unisinos, São Leopoldo, 2012.

BRASIL**. Lei nº 12.305**, de 02 de Agosto de 2010.

DABHADE, A. N., CHAUDARI, S. R., & GAJBHAYE, A. R. **Effect of Flyash on Recycle Coarse Aggregate Concrete**. International Journal of Civil Engineering Research. 2014.

HANSEN TC RILEM Reported 6, **Recycling of Demolished Concrete and Masonry**. E&FN Spon, Bodmin, UK. 1992.

Levy, S. **Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria**, São Paulo, 2001.

M.N.BAJAD, NANDAN MUTHA, HATIM HUSAIN, NIKHIL KSHIRSAGAR. **Effect of Recycled Aggregate and Fly Ash in Concrete**. IOSR Journal of Machanical and Civil Engineering. 2015.

POON, C. S., KOU, S. C., & LAM, L. **Influence of recycled aggregate on slump and bleeding of fresh concrete**. Materials and Structures. 2007.

SANTOS A., CABRAL L., MONTEIRO E. E HELENE P. **Análise do Módulo de Elasticidade Estático e Dinâmico para diferentes dosagens de concreto** In. Anais do 55º Congresso Brasileiro do Concreto, 2013.

SILVA S.R., ANDRADE J.J.O. **Análise do emprego de diferentes tipos de resíduos de Construção e Demolição (RCD) em concretos com vistas à sustentabilidade: uma análise técnica e vantagens econômicas**. Revista Espacios – vol. 38 (nº27) 2017.

SILVA, L. FELIX, L. SANTOS, T**. Influência dos agregados reciclados de resíduos de construção nas propriedades mecânicas do concreto**. UFG - Goiânia, 2014.