

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE UM CONCRETO PERMEÁVEL
FABRICADO EM LABORATÓRIO PRODUZIDO COM RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO
E DEMOLIÇÃO (RCD)**

Mayara da Silva Lima (*), Teresa Raquel Lima Farias, Nidia da Paz Palacio.

*Instituto Federal do Ceará – IFCE, email: tec.maylima@gmail.com

RESUMO

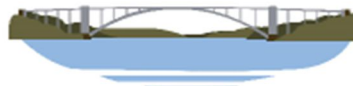
Com o crescimento urbano vem intensificando as áreas impermeáveis propiciando assim grandes volumes de escoamento superficial, podendo ocasionar em enchentes e alagamentos. Os pavimentos permeáveis surgem como uma boa prática no gerenciamento das águas pluviais. O crescimento acelerado traz também uma necessidade de alternativa sustentável para a destinação dos resíduos gerados pela construção civil. Nesta pesquisa foi confeccionado um concreto permeável e como há uma busca por materiais alternativos, devido a escassez de materiais encontrados na natureza, neste trabalho utilizou-se Resíduo de Construção e Demolição (RCD) como agregado, colaborando assim com a destinação para estes resíduos. Foi realizada uma análise das propriedades físicas deste concreto permeável. Realizou-se caracterização do Agregado Reciclado (AR) obtendo-se valores de massa específica, massa unitária, volume de vazios e porcentagem de absorção de água. Constatou-se que os AR possuem grande capacidade de absorção quando comparados ao Agregado Natural (AN). O concreto foi confeccionado com dois traços distintos, um com 100% de AR e o outro com 50% de AN e 50% de AR, inclusive 5% de finos. Após moldagem de corpos de prova e processo de cura, houve o rompimento destes corpos de prova aos 7 e 14 dias, encontrando, respectivamente, para o CP-AR 2,482Mpa e 0,120Mpa, já para o CP-MIS obteve-se 3,165MPa e 4,160MPa. Esse resultado de resistência à compressão, pode ser atribuído a grande variabilidade da composição do RCD utilizado na fabricação do agregado reciclado. Outro fator é a grande porosidade do concreto permeável, a resistência deste tipo de concreto é inferior quando comparada com o concreto convencional. Em geral a tendência é diminuir os agregados finos, aumentando-se assim a porosidade do concreto permeável, objetivando aumentar a permeabilidade e como consequência há diminuição da resistência. Por fim, enfatiza-se que o concreto permeável possui finalidade importante para meio ambiente, sendo uma alternativa que gera benefícios sociais e ambientais, sendo uma solução sustentável e substituta de outras soluções do mercado. Recomenda-se a utilização de concretos permeáveis em pavimentos de tráfego leve, e com intuito de aumentar a resistência do concreto indica-se realizar misturas entre agregado natural e agregado reciclado, ainda há a alternativa de se usar aditivos.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto permeável, RCD, logística reversa, desenvolvimento sustentável, hidrologia.

ABSTRACT

With urban growth it has intensified the impermeable areas thus providing large volumes of surface runoff, which can lead to flooding and flooding. Permeable pavements appear as a good practice in rainwater management. Accelerated growth also brings a need for a sustainable alternative for the disposal of waste generated by construction. In this research was made a permeable concrete and as there is a search for alternative materials, due to the scarcity of materials found in nature, in this work was used RCD as an aggregate, thus collaborating with the destination for these wastes. An analysis of the properties of this permeable concrete was carried out. The characterization of the RA was performed, obtaining values of specific mass, unit mass, volume of voids and percentage of water absorption. It was verified that RAs have a great capacity of absorption when compared to AN. The concrete was made with two distinct traces, one with 100% RA and the other with 50% AN and 50% RA, including 5% fines. After molding of test specimens and curing process, these specimens were disrupted at 7 and 14 days, respectively, for CP-AR 2.482Mpa and 0.120Mpa, whereas for the CP-MIS, 3.165MPa were obtained. 4.160MPa. This result of compressive strength can be attributed to the great variability of the RCD composition used in the manufacturing of the recycled aggregate. Another factor is the great porosity of the permeable concrete, the resistance of this type of concrete is inferior when compared with the conventional concrete. In general, the tendency is to decrease the fine aggregates, thus increasing the porosity of the permeable concrete, aiming to increase the permeability and as a consequence the decrease of the resistance. Finally, it is emphasized that the permeable concrete has important purpose for the environment, being an alternative that generates social and environmental benefits, being a sustainable solution and substitute to other solutions of the market. It is recommended the use of permeable concrete in light traffic pavements, and in order to increase the resistance of the concrete is indicated to make mixtures between natural aggregate and recycled aggregate, there is still the alternative of using additives.

KEYWORDS: Pervious concrete, RCD, reverse logistic, sustainable development, hydrology.



INTRODUÇÃO

O crescimento urbano acompanha sérios problemas ambientais e sociais. O inchaço das cidades, provocado pelo acúmulo de pessoas e a falta de uma infraestrutura adequada, gera transtornos para a população urbana, a alta geração de resíduos e o descarte inadequado, um maior escoamento superficial devido às extensas áreas cobertas por concreto e asfalto, dificultando a infiltração das águas pluviais no solo. As chuvas em grandes proporções ocasionam um acúmulo muito grande de água e a rede de drenagem, por muitas vezes, se torna ineficiente. Essas águas podem invadir residências, prédios, túneis e comprometer o trânsito.

Com o crescente aumento da urbanização surge como consequência um intenso processo de impermeabilização de áreas anteriormente permeáveis e que influenciavam diretamente no escoamento superficial e contribuía com o abastecimento dos lençóis freáticos. O emprego de concretos permeáveis tem se tornado cada vez mais necessário como medida mitigadora dos impactos gerados por essa acentuada urbanização, dessa forma amortecendo as vazões de pico e minimizando os impactos gerados pelas chuvas torrenciais em áreas altamente urbanizadas.

A impermeabilização do solo se apresenta como um dos principais resultados do crescimento urbano, e têm contribuído para enchentes e alagamentos através do aumento do escoamento superficial. Como alternativa mitigadora desses impactos surge o pavimento de concreto permeável. De acordo com Vidal (2014) pavimento permeável é um tipo de dispositivo utilizado para minimizar os efeitos causados pela impermeabilização dos solos. É capaz de reduzir volumes de escoamento superficial e vazões de pico a níveis iguais ou inferiores aos de antes da urbanização.

Os pavimentos permeáveis são frequentemente usados como uma prática de gerenciamento de águas pluviais devido à sua capacidade de infiltrar o escoamento dessas águas. Para executar esta função, a camada superficial do pavimento deve permitir que a água atravesse as camadas subjacentes da estrutura do pavimento (WEISS *et al.*, 2015).

Duas vertentes ambientais se destacam nas grandes metrópoles, o manejo de águas pluviais que, como visto, tem se tornado um problema devido a crescente urbanização, e a destinação de resíduos de construção civil. Segundo a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) N°307 de 2002, resíduos da construção civil são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

Estima-se que a maioria dos Resíduos de Construção Civil (RCC) sejam provenientes de demolições, para Cabral (2007) é a partir desta idéia que surge a nomenclatura RCD (Resíduos de Construção e Demolição).

Uma destinação correta pra esses resíduos está em sua utilização como agregado reciclado. Há uma busca por materiais alternativos está cada vez maior, pois os agregados naturais estão mais escassos e de difícil acesso e exploração no meio ambiente. A utilização de agregados reciclados é uma possibilidade, pois gera benefícios sociais, quando dá destinação adequada a esse material, ambientais ao minimizar a exploração das jazidas e econômicos. A utilização de agregados reciclados na pavimentação permeável é uma medida sustentável e que pode ser uma das alternativas para mitigar os impactos supracitados.

OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo analisar as propriedades mecânicas de um concreto permeável fabricado em laboratório, produzidas com agregado reciclado oriundos de RCD, avaliando sua influência e viabilidade estrutural, confrontar os resultados obtidos com concreto produzido com agregado natural, com outras pesquisas já realizadas e contribuir para o estudo do concreto permeável, ajudando a difundir essa alternativa mitigadora dos impactos ambientais e sociais do crescimento urbano.

METODOLOGIA

O agregado utilizado na confecção do concreto permeável foi o RCD (Resíduo de Construção e Demolição), que foi coletado em uma usina de beneficiamento no município de Aquiraz-CE, região metropolitana de Fortaleza (Figura 1).

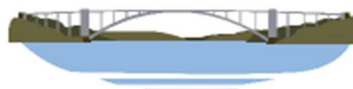


Figura 1 – Processo de beneficiamento do RCD. Fonte: Autoras do trabalho.

A dimensão escolhida do agregado reciclado de RCD foi na faixa de 4,75mm a 19mm. Essas dimensões foram escolhidas por terem sido utilizadas em estudos anteriores onde os autores obtiveram êxito na confecção do concreto permeável.

A metodologia empregada consistiu inicialmente na etapa de campo, onde foram coletadas as amostras e reunidos os materiais necessários para a realização da pesquisa. Em seguida, já em laboratório, realizou-se caracterização das amostras e mistura entre agregado reciclado de RCD e agregado natural (brita com dimensões semelhantes a do agregado reciclado), conforme Quadro 1, onde CP-AR corresponde a corpo de prova de agregado reciclado, onde utilizou-se 100% deste e CP-MIS corresponde a corpo de prova fabricado a partir da mistura de 50% de agregado reciclado e 50% de agregado natural.

Quadro 1 - Relação Agregado natural / Agregado reciclado. Fonte: Autoras do trabalho

Identificação	Agregado Natural	Agregado Reciclado
CP-AR	0	100
CP-MIS	50	50

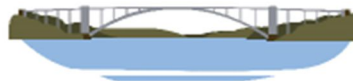
Os ensaios de caracterização do agregado consistem em: determinação da composição dos agregados reciclados graúdos por análise visual, conforme anexo A da NBR 15.116 (ABNT, 2004), determinação de granulometria NBR NM 248 (ABNT, 2003), massa unitária solta e compactada e volume de vazios NBR NM 45 (ABNT, 2006), massa específica e absorção de água NBR NM 53 (ABNT, 2003) e desgaste por abrasão NBR NM 51 (ABNT, 2001). Na segunda etapa será definido o traço a ser usado e os corpos de prova serão moldados, a partir disto serão realizados os ensaios de resistência por compressão axial NBR 5739 (ABNT, 2007).

RESULTADOS

A determinação da composição dos agregados reciclados graúdos por análise visual foi baseada no anexo A da NBR 15.116 (ABNT, 2004), esta análise é também conhecida por composição gravimétrica, onde traduz o percentual de cada constituinte do resíduo em relação a massa total da amostra. Essa característica é de grande relevância principalmente quando se trata de RCD, um resíduo bastante heterogêneo. No ensaio tomou-se 1000g amostrais. Os resultados estão no Quadro 2.

Quadro 2 – Composição gravimétrica do agregado reciclado. Fonte: Autoras do trabalho.

Material	Peso (g)	Porcentagem (%)
Cerâmica	56,5	5,65
Asfalto	138,8	13,88
Concreto/argamassa	804,7	80,47
Agregado reciclado	1000	100



Dos 1000g separados para análise, pode-se observar que a amostra é predominantemente oriunda de concreto/argamassa, quando mais de 80% da amostra é composta deste material. Ainda ressalta-se que há apenas 5,65% de presença de cerâmica e 13,88% de asfalto (Figura 2).



Figura 1 – Caracterização visual do agregado reciclado. Fonte: Autoras do trabalho

De acordo com a NBR 15.116 (ABNT, 2004) os agregados reciclados classificam-se em: Agregado de Resíduo Misto (ARM) ou Agregado de Resíduo de Concreto (ARC). São considerados ARC aqueles que apresentarem em sua composição percentagem igual ou superior a 90% de concreto e/ou argamassas, já aqueles que apresentam percentagem inferior a 90% desses materiais, é considerado ARM. Como nesta pesquisa a percentagem apresentada de concreto e/ou argamassa foi de cerca de 80%, este agregado reciclado classifica-se como Agregado de Resíduo Misto (ARM).

A partir do ensaio de granulometria, conforme NBR NM 248 (ABNT, 2003), obteve-se as curvas granulométricas das amostras, demonstradas na Figura 3. A partir da análise dos resultados encontrados pode-se perceber a similaridade na composição granulométrica do agregado reciclado e da mistura entre este e a brita natural, ambos tendo sendo constituídos de material predominantemente pedregulhoso, pois conforme escala granulométrica da ABNT, pedregulho é aquele material que tem seus grãos compreendidos entre 76mm e 4,75mm.

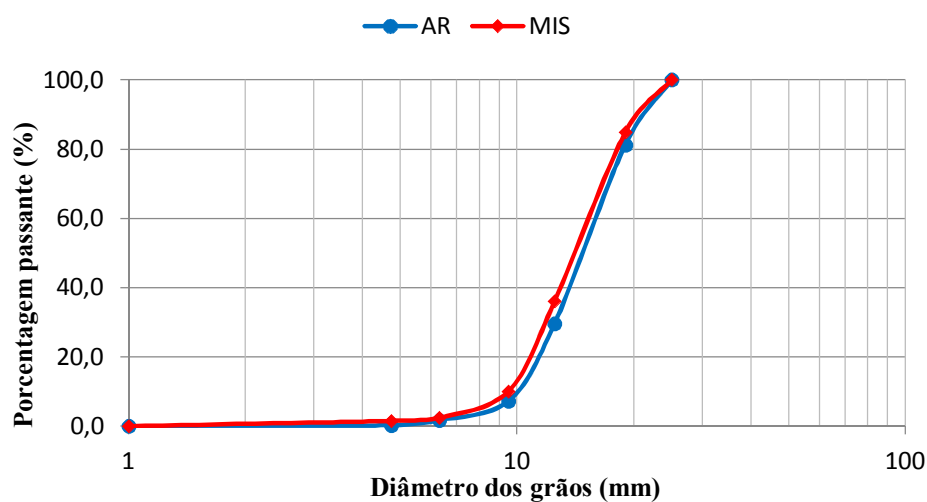
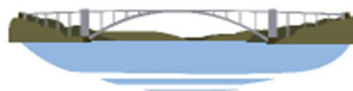


Figura 3 – Curva granulométrica das amostras de agregado reciclado (AR) e mistura de agregado reciclado e agregado natural (MIS). Fonte: Autoras do trabalho

Ainda com base na granulometria, pode-se obter alguns coeficientes importantes para a caracterização dos materiais, bem como o diâmetro máximo característico do agregado (DMC) que corresponde ao número da peneira na qual a porcentagem acumulada é inferior ou igual a 5%, desde que essa porcentagem seja superior a 5% na peneira imediatamente abaixo. Já o módulo de finura (MF) é determinado através da soma das percentagens retidas acumuladas nas peneiras da série normal dividido por cem. Quanto maior o módulo de finura, mais grosso será o material. O DMC para as duas amostras foi de 25mm, o MF para o agregado reciclado foi de 7,1 e para a mistura 7,0.



Para o ensaio de desgaste por abrasão, a partir da granulometria do agregado reciclado, enquadrado-se esse agregado na faixa A, onde para a realização do ensaio utilizou-se 1250g de agregado retido na peneira 25mm, 1250g de agregado retido na peneira 19mm, 1250g de agregado retido na peneira 12mm e 1250g de agregado retido na peneira 9,5mm. O desgaste por abrasão encontrado foi de 49,14% (Tabela 1).

Tabela 1 – Resultados do ensaio de desgaste por abrasão do AR. Fonte: Autoras do trabalho.

Característica	Resultado	Unidade
Massa do agregado	5000	g
Massa retida	2543	g
Perda por abrasão	49,14	%

De acordo com o método de dimensionamento de pavimentos do DNIT, a fração granular deve apresentar um desgaste Los Angeles igual ou inferior a 50%, pode ser aceito um valor de desgaste maior, desde que haja experiência no uso do material. Em casos especiais podem ser especificados outros ensaios representativos da durabilidade da fração graúda.

A Tabela 2 traz os resultados dos ensaios de caracterização do agregado reciclado.

Tabela 2 – Resultados da Massa unitária solta e compactada, volume de vazios, massa específica e absorção de água. Fonte: Autoras do trabalho.

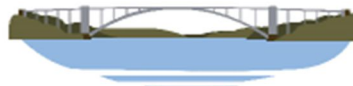
Característica	Resultado	Unidade
Massa unitária solta	1,187	g/cm ³
Massa unitária compactada	1,302	g/cm ³
Volume de vazios	44,94	%
Massa específica seca	2,225	g/cm ³
Massa específica saturada	2,341	g/cm ³
Absorção de água	5,2	%

As massas unitárias solta e compactada obtidas foram, respectivamente, 1,187 g/cm³ e 1,302 g/cm³, e as massas específicas seca e saturada foram, respectivamente, 2,225 /cm³ e 2,341 g/cm³. Esta pesquisa não analisou as características do agregado natural, com exceção da granulometria, mas citando trabalhos que avaliaram as características de concretos permeáveis produzidos com RCD e realizaram esta análise, podem-se mencionar os trabalhos de Santos *et. al.* (2018), Santos (2017) e Oliveira (2017), conforme Quadro 3.

Quadro 3 – Resultados de outros autores. Fonte: Autoras do trabalho

Característica	Santos (2018)		Santos (2017)		Oliveira (2017)	
	A.N	A.R	A.N	A.R	A.N	A.R
Agregado						
Massa unitária solta (g/cm ³)	1,45	1,09	1,34	1,08	1,53	1,17
Massa unitária compactada (g/cm ³)	-	-	2,97	1,12	1,7	1,31
Massa específica seca (g/cm ³)	-	-	3,19	2,31	3,06	2,73
Massa específica saturada (g/cm ³)	-	-	-	-	2,98	2,47

Conforme pode ser visto, o agregado reciclado apresenta menores valores de massa específica e de massa unitária que o agregado natural. Consoante Cabral (2007) para a massa específica, esta redução ocorre em função das características das matérias-primas dos mesmos, uma vez que são menos densas que os agregados graúdos naturais. Já para a massa unitária, além da redução pela própria densidade do material e da alta porosidade característica dos agregados reciclados, para o



autor a forma irregular das partículas dos agregados contribui para a redução da mesma. Contudo, essas reduções são dependentes também da granulometria dos agregados reciclados.

O volume de vazios obtido nesta pesquisa para o AR foi de 44,94%, Oliveira (2017) obteve 57,14%. A absorção encontrada foi de 5,2%, apesar de ser um valor elevado, está dentro dos parâmetros estabelecidos pela NBR 15116 (ABNT, 2004) que estabelece requisitos para a utilização de agregados reciclados em pavimentação e preparo de concretos sem função estrutural. Conforme esta norma, para agregados de resíduos mistos, se aceita absorção igual ou inferior a 12%.

É fato que os agregados reciclados possuem elevados valores de absorção quando comparados aos agregados naturais. Santos *et. al.* (2018) encontrou em sua pesquisa uma absorção para o agregado reciclado de 9,66% cerca de 16 vezes mais que a absorção encontrada para o agregado natural (0,60%), já Santos (2017) obteve uma absorção do AR de 8,62%, cerca de 5 vezes mais que a do AN (1,69%), Oliveira (2017) obteve uma absorção para o agregado reciclado de 6,57%. De acordo com Cabral (2007) isto ocorre, principalmente, em função da grande variabilidade da composição e porosidade dos RCD, bem como da forma de britagem dos mesmos. O autor ainda ressalta que na produção de concretos com agregado reciclado deve esta característica dos agregados reciclados é de relevante importância que esta característica seja levada em consideração.

Para Leite (2001) quando se estuda o uso dos agregados reciclados em concretos, um dos fatores mais importantes é a absorção de água dos agregados reciclados, pois esta taxa intervém diretamente na relação final da água/cimento das misturas.

O traço escolhido (Quadro 4) foi elaborado com base na revisão de pesquisas anteriores, onde os autores obtiveram êxito na confecção do concreto permeável. O cimento utilizado foi o CP V ARI, por apresentar altos valores de resistência logo nos primeiros dias de cura. No traço do concreto realizado com a mistura de agregados foi acrescentado ainda 5% do peso total de agregados graúdos em agregados finos (areia grossa), com objetivo de aumentar os valores de resistência à compressão, já obtidos no traço do concreto produzido com AR.

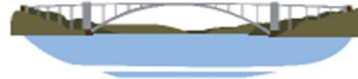
Quadro 4 – Descrição dos traços experimentais. Fonte: Autoras do trabalho.

Identificação	Traço	Cimento (Kg)	AR (kG)	AN (Kg)	Água (Kg)
CP-AR	1 : 4 : 0,4	1	4	0	0,4
CP-MIS	1 : 2 : 2 : 0,4	1	2	2	0,4

Após a confecção do concreto permeável, em primeiro momento apenas o traço de concreto 100% AR, os corpos de prova foram moldados e colocados em cura úmida, após 24 horas houve a desmoldagem desses corpos de prova, os mesmos foram deixados submersos até a data de rompimento que foi de 7 e 14 dias para análise de resistência à compressão. Na Figura 4 encontram-se os corpos de prova em processo de cura e o rompimento de um corpo de prova na máquina universal para ensaios mecânicos, modelo EMIC (monitorada por computador), com capacidade máxima de 300 KN.



Figura 4 – Cura dos corpos de prova e rompimento aos sete dias. Fonte: Autoras do trabalho



Com o resultado do primeiro corpo de prova (de 7 dias) onde o mesmo apresentou um valor de resistência relativamente baixo, decidiu-se acrescentar 5% de agregados finos ao traço do concreto de mistura, objetivando aumentar esse valor. Os resultados dos ensaios de resistência à compressão estão na Tabela 3 e em forma de gráfico na Figura 5.

Tabela 3 – Resultados do ensaio de resistência à compressão simples. Fonte: Autoras do trabalho

Identificação	7 dias	14 dias
CP-AR	2,482 MPa	0,120 MPa
CP-MIS	3,165 MPa	4,160 MPa

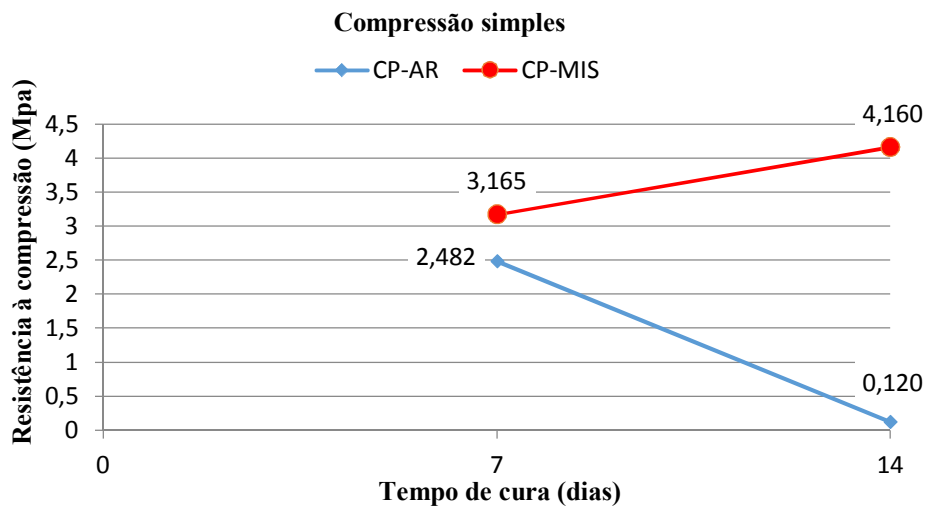


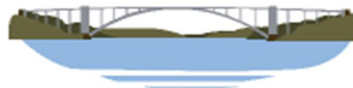
Figura 5 – Resistência à compressão simples. Fonte: Autoras do trabalho

A partir da Tabela 3 infere-se que o concreto produzido somente com agregado reciclado teve um baixo desempenho quanto à resistência à compressão, ainda, ressalta-se que aos 14 dias houve uma queda significativa neste valor, o que pode ser explicado por uma má compactação do agregado ao moldar o corpo de prova. O concreto produzido com a mistura de agregados apresentou um valor de cerca de 27% a mais que o concreto AR aos 7 dias, o que se explica pelo fato da substituição de 50% do AR por agregado natural e o acréscimo de 5% de agregados finos.

Para Cabral (2007) os valores de resistência à compressão de concretos produzidos com agregados reciclados geralmente são menores que a de concretos produzidos com agregados naturais. Segundo o autor essas reduções podem atingir até a ordem de 45% da resistência dos concretos de referência.

Santos *et. al.* (2018) obtiveram uma resistência à compressão para uma mistura entre AR e AN na proporção de 50%, utilizada em concreto permeável, aos 7 e 14 dias, respectivamente, de 11Mpa e 14Mpa. Já Oliveira (2017) encontrou aos 7 dias um valor em torno de 12Mpa e aos 28 dias em torno de 14Mpa para um concreto permeável confeccionado com 20% de agregados reciclados e Santos (2017) obteve aos 28 dias uma compressão de 7,22Mpa em um concreto permeável com substituição de 35% do AN por AR, ressalta-se que este autor utilizou aditivo superplastificante objetivando aumentar a resistência deste concreto.

De acordo com Oliveira *et. al.* (2007) algumas características do concreto que podem ser modificadas pelo uso de resíduos reciclados são: resistência mecânica; absorção de água, porosidade e permeabilidade e massa específica. As características do concreto com reciclado variam mais que as de concretos convencionais, pois além das variações ligadas à relação água/cimento e ao consumo de aglomerantes, há ainda as mudanças determinadas por variações na composição e outras características físico-químicas dos resíduos reciclados.



CONCLUSÕES

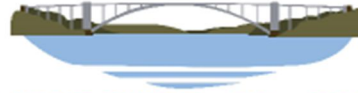
Após a análise dos resultados infere-se que os valores de massa unitária e massa específica dos agregados reciclados, em geral, são menores que os valores de agregado natural. Ressalta-se ainda que os agregados reciclados possuem alta absorção de água, devendo-se levar essa característica em consideração quando da confecção de concretos com este material.

Há uma grande influência do agregado reciclado nas propriedades mecânicas do concreto permeável, corroborada pelos valores encontrados nesta pesquisa e nas pesquisas aqui citadas. Sobre os resultados de resistência à compressão, destaca-se a grande variabilidade da composição do RCD utilizado na fabricação do agregado reciclado, sendo este um dos fatores atribuídos ao fato de a resistência do concreto ser baixa. Outro fator é a grande porosidade do concreto permeável, a resistência deste tipo de concreto é inferior quando comparada com o concreto convencional. Em geral a tendência é diminuir os agregados finos, aumentando-se assim a porosidade do concreto permeável, objetivando aumentar a permeabilidade e como consequência a diminuição da resistência.

Por fim enfatiza-se que o concreto permeável possui finalidade importante para meio ambiente, sendo uma alternativa que gera benefícios sociais e ambientais, sendo uma solução sustentável e substituta a outras soluções do mercado. Recomenda-se a utilização de concretos permeáveis em pavimentos de tráfego leve, e com intuito de aumentar a resistência do concreto indica-se realizar misturas entre agregado natural e agregado reciclado, ainda há a alternativa de se usar aditivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.
2. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR NM 45: Agregados – Determinação da massa unitária e do número de vazios**. Rio de Janeiro, 2006. 8 p.
3. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR NM 53: Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro, 2009. 8 p.
4. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR NM 51: Agregado graúdo – Ensaio de abrasão “Los Angeles”**. Rio de Janeiro, 2001. 8 p.
5. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 15.116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – requisitos**. Rio de Janeiro, 2004. 12 p.
6. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007. 9 p.
7. Cabral, A. E. B. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental da Universidade de São Paulo – USP. 2007.
8. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 307**, de 5 de julho de 2002. Ministério das Cidades, Secretária Nacional de Habitação. Publicada no Diário Oficial da União.
9. Leite, M. A. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Porto Alegre – RS, 2001. 270 p. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2001.
10. Oliveira, D.; Lima, M.; Meira, G.; Lira, R.; Padilha, M. **Estudo do concreto reciclado utilizando agregado miúdo reciclado: Avaliação da Resistência Mecânica**. II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica João Pessoa - PB – 2007.
11. Oliveira, L. C. B. **Análise da permeabilidade e da colmatação em concretos permeáveis produzidos com agregado reciclado de concreto**. Campinas – SP, 2017. 108 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em sistemas de infraestrutura urbana da Pontifícia Universidade Católica de Campinas. São Paulo, 2017.
12. Santos, C. J. R.; Lima, D. A.; Junior, E. R. S.; Batista, L. S.; Ferreira, M. L. M. **Estudo do comportamento mecânico do concreto a partir da utilização de rcd como agregado graúdo**. I Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade (CONRESOL). Gramado – RS, 2018.
13. Santos, R.R. **Estudo da resistência mecânica do concreto permeável com substituição de agregado natural por agregado reciclado**. 2017. Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Santa Rosa, 2017.



14. Vidal, A. S. **Caracterização do Concreto Permeável produzido com agregado reciclado de construção e demolição para utilização em pavimentação permeável em ambiente urbano**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p. 132, Rio de Janeiro, 2014.
15. Weiss, P. T.; Kayhanian, M.; Khazanovich, L.; Gulliver, J. S. **Permeable pavements in cold climates: state of the art and cold climate case studies** – Report. Center for Transportation Studies. University of Minnesota, Minneapolis. 2015.