

Utilização de resíduos da construção e demolição – RCD com aditivos plásticos (polietilenos) na construção de pavimento intertravado permeável “PAVERS”

Use of construction and demolition waste - CWDR with plastic additives (polyethylene) in the construction of permeable interlocked sidewalk "PAVERS"

DOI:10.34117/bjdv8n5-522

Recebimento dos originais: 21/03/2022

Aceitação para publicação: 29/04/2022

Bruno de Lucas Ferreira Leite

Graduando em Engenharia Civil

Instituição: IFAM – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazona, Campus Manaus Centro

Endereço: Av. Sete de Setembro, 1975 - Centro, Manaus - AM, CEP: 69020-120

E-mail: brunofl1998@outlook.com

Ana Maria Dias da Silva Lucena

Doutora em Biologia de Água Doce e Pesca Interior

Instituição: Instituto Federal do Amazonas - IFAM - CMC

Endereço: Av. Sete de Setembro, 1975 - Centro, Manaus - AM, CEP: 69020-120

E-mail: ana.dias@ifam.edu.br

RESUMO

O pavimento permeável é uma das melhores opções para minimizar a impermeabilização das cidades, por suas características de permitir a infiltração da água para o solo e por sua versatilidade de uso, pois pode ser utilizado em calçadas, parques, praças, quadras poliesportivas, estacionamentos e ruas de tráfego leve. A urbanização das cidades provoca a cada ano o surgimento de novas edificações, aumentando assim a impermeabilização do solo. Uma forma de solucionar tal problemática seria um tipo diferente de pavimentação, algo que possibilitasse a infiltração do excesso de água e auxiliasse retardando o escoamento das águas pluviais. Dessa forma, utilizou-se o concreto poroso com adição de polietileno na produção de pavimentos permeáveis visando a aplicação em diferentes tipos de ambientes. Devido a sua alta permeabilidade, o concreto permeável quando aplicado na pavimentação, permite que a água da chuva infiltre diretamente no solo, reduzindo a vazão que se encaminha ao sistema de drenagem urbana. Dessa forma a pesquisa teve como objetivo testar as diferentes quantidades de agregados miúdos e graúdos, originados de RCD com aditivos de polietileno, para elaboração de concreto permeável, esse foram utilizados na construção de blocos de concreto para pavimentação flexível, de forma a reaproveitar o RCD, bem como o polietileno e minimizar os impactos ambientais causados pelo mesmo. Assim, foram realizados testes para diferentes volumes de RCD que poderiam ser usados nos experimentos, os blocos de concreto permeáveis foram analisados através de ensaios de resistência mecânica a compressão e o ensaio de permeabilidade. Os resultados obtidos demonstraram que uma grande quantidade de RCD afeta negativamente a resistência do concreto permeável, que por definição já possui baixa resistência. Portanto o trabalho mostra que o uso do RCD em concreto permeável em blocos intertravados ainda pode ser

uma solução viável já que os resultados mostram uma alta permeabilidade, contudo é necessária uma avaliação da quantidade certa de RCD presente nos blocos para balancear uma boa resistência e uma boa permeabilidade.

Palavras-chave: concreto permeável, resíduo da construção, polietileno, RCD, sustentabilidade, blocos intertravados, drenagem urbana, construção civil.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional nos centros urbanos, a intensa industrialização, o surgimento de novas tecnologias, influenciam no agravamento de problemas sociais, de saúde e de resíduos sólidos. Atualmente, a questão ambiental é muito discutida e pesquisada, principalmente por serem limitados os recursos naturais e o meio ambiente não consegue absorver a quantidade de resíduos, causando assim um desequilíbrio ambiental. Dessa forma a Indústria da Construção civil, que contribui de forma positiva para o impacto ambiental em todas as etapas do processo produtivo, sendo um destes a geração de resíduos de construção e demolição (RCD), principalmente em centros urbano, onde geram grande impacto negativo, devido principalmente a deterioração do ambiente local onde são dispostos, tendo como consequência um alto desperdício e o aumento da extração mineral dos materiais.

Uma alternativa para reduzir a quantidade de RCD disposto no meio ambiente e a extração de materiais minerais é a reciclagem do RCD e sua utilização na indústria que o gerou. Dessa forma, os blocos de concreto para pavimentação surgem como uma alternativa de pesquisa, haja vista sua utilização para pavimentação de áreas urbanas. As vantagens técnicas inerentes ao sistema, como fácil assentamento, rápida liberação para o tráfego, redução de iluminação pública e a permissão de acesso a rede subterrânea apenas com a retirada dos blocos, os quais podem ser recolocados após a intervenção. Dessa forma, o presente trabalho vai pesquisar a utilização de RCD, proveniente da cidade de Manaus-AM, como agregado miúdo e graúdo reciclado em substituição aos agregados naturais em blocos de concreto para pavimentação.

O concreto permeável é um concreto que permite a passagem de água e ar através de sua estrutura. A ideia é ter um material mais sustentável. Ele pode ser aplicado em superfícies de pavimentação, pode ser utilizado, por exemplo, em calçadas, estacionamentos, ruas com tráfego menor e decks de piscina. Os Blocos de Concreto para Pavimentação (BCP), os Pavers, são muito utilizados em motivos arquitetônicos e

ambientais, viabilizando a infiltração de água no solo, o que não acontece com outros tipos de pavimentos; e por estes motivos observa-se um crescimento em sua utilização.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O RCD é todo e qualquer resíduo proveniente das atividades de construção, sejam eles de novas construções, reformas, demolições, obras de arte e limpeza de terrenos com presença de solos ou vegetação (Ângulo, 2005). Em relação à composição desses resíduos, pode-se dizer que a fração representada pelo concreto geralmente está presente na composição mineral do RCD natural das atividades de construção e demolição, além da presença de outros materiais, tais como, argamassas, blocos, tijolos, telhas, solos, gesso, etc. As diferentes frações presentes no RCD são responsáveis pela heterogeneidade do agregado reciclado e, conforme (Ângulo, 2005), essas frações variam para cada canteiro de obras. Essas características dos resíduos de construção e demolição dificultam sua reciclagem e aplicação do agregado reciclado para a produção do concreto e elementos pré-moldados. Conseqüentemente grande parte do agregado reciclado de RCD ou agregado reciclado misto ainda é aplicada com baixo valor agregado, em serviços. (ALAEJOS et AL., ÂNGULO et AL., 2004).

De acordo com a Abrelpe (2012), a geração de RCD só tende a crescer, de 2011 a 2012 o volume de RCD coletado pelos municípios aumentou 5,3%, o que equivale a cerca de três vezes mais do que o crescimento registrado na geração de resíduos sólidos urbanos. Esse crescimento é preocupante, visto que além desse valor que existe registrado, há também os resíduos que não estão sob coordenação dos municípios, não sendo contabilizados. Sendo assim, é fundamental buscar métodos para reaproveitamento deste material. De acordo com Vidal (2014), de maneira geral, a grande maioria dos resíduos de construção e demolição possuem grande potencial para serem reciclados. Henrichsen (2000) afirma que mais de 90% dos RCD podem ser reciclados. Os resíduos são reciclados por empresas do segmento. Eles são recolhidos, separados, britados e selecionados por granulometria em peneiras com aberturas semelhantes às do agregado natural.

Pavimento Intertravado (pré-moldado de concreto) PAVER, assentado sobre areia apresenta as seguintes vantagens: não utiliza matéria prima poluente; não produz resíduos de construção no local, podendo todo o material ser reaproveitado (ex; abertura de calçada para redes subterrâneas de água, telecomunicações, gás é só retirar o material e reaproveitá-lo depois); não impermeabiliza o solo; provê Recarga do lençol freático, os

pavers, absorve uma certa quantidade de água e reduz o escoamento para galerias pluviais; produz maior Conforto Térmico na cidade; reflete melhor a luz, podendo economizar energia elétrica externa; durabilidade, resistência à Compressão e ao Desgaste; material antiderrapante. O paver é conhecido como pavimento ecologicamente correto.

O concreto permeável pode ser considerado um tipo de pavimentação sustentável, ainda com pouco estudo no Brasil e um material relativamente novo de utilização no mercado. A diferença desse concreto é que tem pouca ou nenhuma adição de areia, sendo em geral feito basicamente de brita, cimento e água. O pavimento permeável apresenta vantagens, como por exemplo, redução do escoamento superficial, redução dos condutos de drenagem urbana, redução da lâmina de água dos estacionamentos e redução dos custos com o sistema de drenagem, porém, também apresenta algumas desvantagens, tais como, necessidade de manutenção devido à colmatação das peças, maior custo para construção e contaminação dos aquíferos. (TUCCI, 2007). O concreto permeável é uma variedade de concreto de cimento Portland que possui alto índice de vazios interligados, confeccionado com pouco ou nenhum agregado miúdo, o que permite a passagem da água através dos seus componentes. (POLASTRE; SANTOS, 2006). De acordo com Batezini (2013), o concreto permeável é composto basicamente por ligante hidráulico, brita de graduação uniforme, água e pouco ou nenhum agregado miúdo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Realizou-se ensaios de resistência mecânica à compressão e ensaios de permeabilidade nos blocos de concreto permeáveis com aditivos de polietilenos para testar sua resistência e aplicação. Com relação à permeabilidade, visto que um dos objetivos deste trabalho foi a substituição do agregado graúdo natural por agregado graúdo reciclado, de acordo com estudos realizados pelos autores Quebaud et al. (1999) apud Leite (2001), Lamb (2014) e por Alves (2016), em ambas as pesquisas, onde foi substituído agregado graúdo natural por agregado reciclado, os concretos com agregado reciclado apresentaram permeabilidade superior ao concreto de agregado natural, isto deve-se ao fato dos agregados reciclados serem mais porosos, aumentando a relação a/c do concreto.

As amostras de RCD foram recolhidos resíduos no interior das instalações do IFAM CMC, sobras de reformas e obras anteriores, juntamente com uma parcela de tijolos inutilizados e quebrados. O material passou por uma quebra manual para reduzir

o tamanho das parcelas e então foi encaminhado para fazer britagem. Com as partículas reduzidas de tamanho foi possível realizar peneiramento para separar as amostras por numeração granulométrica. Com uma análise visual das amostras de RCD é notável que seus maiores elementos são cimentícios e cerâmicos. Foram recolhidas cerca 1.500 g de amostra do RCD para realizar a análise granulométrica e classificar o agregado de acordo com a NBR 6502/1995, onde:

Tabela 1 - Classificação do Solo de acordo com seus grãos

CLASSIFICAÇÃO	DIÂMETRO DOS GRÃOS (MM)
Bloco de Rocha	Maior que 1000,00
Matacão	Entre 200,00 e 1000,00
Seixo	Entre 60,00 e 200,00
Pedregulho Grosso	Entre 20,00 e 60,00
Pedregulho Médio	Entre 6,00 e 20,00
Pedregulho Fino	Entre 2,00 e 6,00
Areia Grossa	Entre 0,60 e 2,00
Areia Média	Entre 0,20 e 0,60
Areia Fina	Entre 0,06 e 0,20
Silte	Entre 0,002 e 0,06
Argila	Menor que 0,002

A amostra, portanto, passou por peneiramento manual seguindo a norma NBR NM 248/2003 e então os dados obtidos foram recolhidos e tabelados a seguir:

Tabela 2 - Análise Granulométrica

Peso da Amostra			1.500 g		
N° da Malha	mm	Peso Retido (g)	% Retido	% Retido Acumulado	% Passante
1/2"	12,70	0,0	0	0	100,00
1/8"	9,52	15,8	1,05	1,05	98,95
1/4"	6,30	718,3	47,89	48,94	51,06
N° 4	4,80	429,1	28,61	77,55	22,45
N° 8	2,40	272,0	18,13	95,68	4,32
N° 10	2,00	10,4	0,69	96,37	3,63
N° 18	1,00	14,6	0,97	97,35	2,65
Fundo		36,8	2,45	99,80	0,20

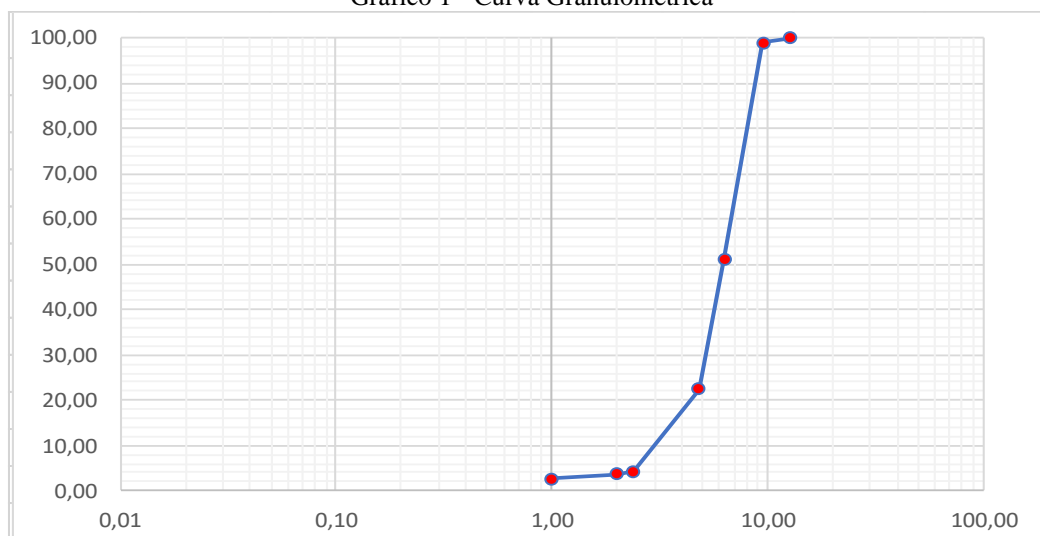
Com a tabela pronta pode-se realizar o gráfico da curva granulométrica, e junto a isso o cálculo da Dimensão Máxima Característica (DMC) e do Módulo de Finura (Mf). Definidos pela NBR NM 248/2003 da seguinte forma:

Dimensão Máxima Característica: Grandeza associada à distribuição granulométrica do agregado, correspondente à abertura nominal, em milímetros, da malha da peneira da série normal ou intermediária, na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa.

Módulo de Finura: Soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado nas peneiras da série normal, dividida por 100.

Portanto, o DMC foide 9,52 mm e o Mf de 4,169 mm. As amostras escolhidas para agregado graúdo foram as retidas nas peneiras cujos números da abertura da malha foram #9,5 mm e #4,8 mm, então podendo serem classificadas como Pedregulhos Médio e Pedregulho Fino, respectivamente.

Gráfico 1 - Curva Granulométrica



O gráfico da curva granulométrica mostra uma curva que pode ser classificada como contínua. A produção do concreto se inicia com a preparação do material e a definição do traço, correspondendo à 1:3. Os materiais foram aos poucos sendo introduzidos na betoneira e para a produção de três blocos foram utilizados cerca de 5,5 kg de cimento, de acordo como o traço, a quantidade de agregado graúdo corresponde à 16,5 kg. Esse valor é então dividido por três: 5,5 kg para 1 medida de RCD para a numeração #9,5 mm; 5,5 kg para 1 medida de RCD para a numeração #4,5 mm; e 5,5 kg de brita 0. Além disso foram adicionados 500 g de polietileno, devidamente triturado,

como agregado miúdo, respeitando os 10% máximos de miúdo que o concreto permeável permite. Adicionou-se também aditivos Redutor (para 0,2% são 11 g) e ligante (para 0,3% são 0,165 g) e o fator água/cimento foi definido para 0,4, dessa forma foram adicionados cerca de 2,2 L de água.

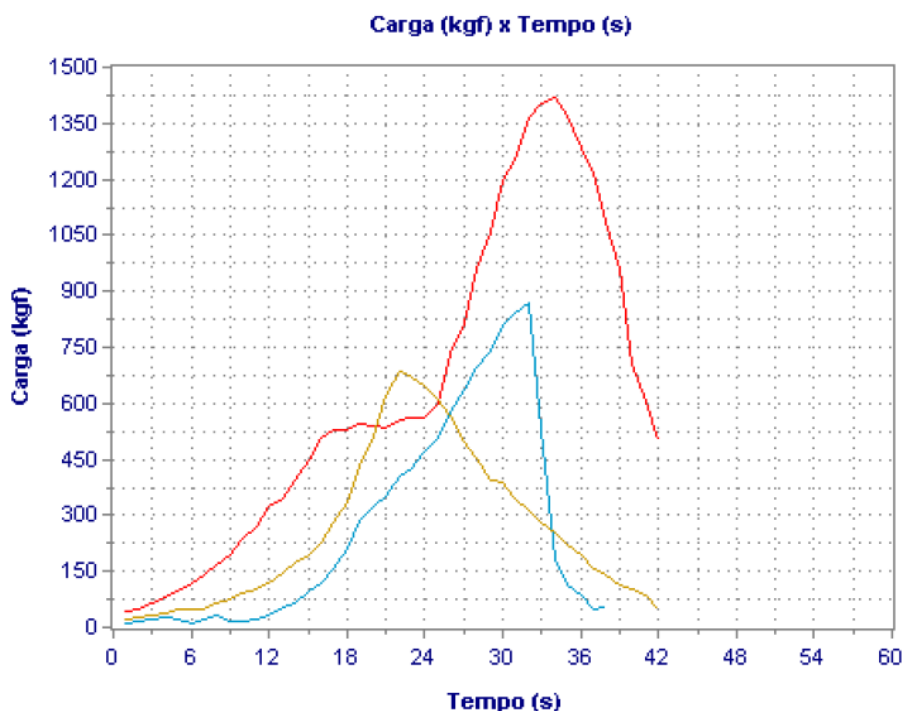
Depois da devida mistura, o concreto foi despejado igualmente em três formas sextavadas com dimensões de 25x25x8 cm e então esperou-se a devida cura de 28 dias do concreto para poder realizar os experimentos. Os ensaios foram efetuados na Máquina Universal Mecânica no Laboratório de Resistência dos Materiais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM). O bloco com área de seção de 28,27 cm² foi alojado cuidadosamente na prensa da máquina, afim de alinhar com o centro gravitacional do mesmo, assim a máquina iniciou-se o processo de compressão com a carga máxima suportada de 1.459 kgf.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ensaios de resistência mecânica justificam-se pois de acordo com Neville (1997), a resistência normalmente dá a indicação da qualidade do concreto e é considerada a propriedade fundamental do concreto. Para a realização do ensaio, Tennis et al. (2004) indicam a utilização de moldes retangulares, que simulem um pavimento, pois segundo os autores, a consolidação de campo do concreto permeável é difícil de reproduzir em corpos de prova cilíndricos. A resistência à tração geralmente é tratada como uma característica secundária, pois sabe-se que o concreto não é um material que possui boa resistência aos esforços de tração em estruturas (LEITE, 2001). Entretanto, em concretos permeáveis, a análise da resistência à tração na flexão é uma propriedade importante a ser avaliada, pois devido à aplicação prática principalmente como pavimento, os esforços de flexão foram mais exigidos para a avaliação da possível utilização do material. Com relação às resistências à compressão e à tração na flexão, Batezini (2013) conclui que quanto maior o volume de vazios, menor a resistência mecânica.

Dessa forma a resistência obtida, em Mpa, foi de 5,06. A linha vermelha do gráfico a seguir indica a carga suportada pelo bloco em função do tempo.

Gráfico 2 - Carga (kgf) suportada pelo bloco permeável em função do tempo (s)



O ensaio de permeabilidade foi realizado em seguida com os outros dois blocos restantes: primeiro aloca-se os blocos abaixo de uma fonte de água corrente com cerca de 15 cm de distância, foi registrado então os tempos de 2,05 e 2,01 segundos para o segundo e terceiros blocos, respectivamente. A permeabilidade dos blocos foi classificada como alta e pode-se afirmar uma permeabilidade de 100%.

5 CONCLUSÃO

Os resultados dos ensaios foram satisfatórios até certo ponto com o ensaio de resistência atingido cerca de 5,06 Mpa, resistência essa insuficiente para a aplicação dos blocos permeáveis em calçadas, que exigem no mínimo 20 Mpa. O ensaio de permeabilidade demonstrou-se extremamente satisfatório com a permeabilidade aos 100%, portanto garantindo um escoamento de águas pluviais perfeito caso fosse aplicado às calçadas. De certa forma, estes resultados eram esperados, pois a literatura e revisão bibliográfica afirmam que o uso do RCD afeta consideravelmente a resistência do concreto, somado a isso, temos a baixa resistência à compressão do concreto permeável devido ao seu grande número de vazios. Assim, a alta permeabilidade é justificada pelo uso do RCD, que devido às suas fissuras e poros, tende a aumentar justamente o escoamento da água.

O uso e aproveitamento do RCD é uma questão de extrema importância devido à grande quantidade de resíduos que são gerados todos os dias e seu reaproveitamento é uma solução sustentável e alternativa para combater a poluição nos centros urbanos. Este trabalho mostra que o uso do RCD em concreto permeável em blocos intertravados ainda pode ser uma solução viável já que os resultados mostram uma alta permeabilidade, contudo é necessária uma avaliação da quantidade certa de RCD presente nos blocos para balancear uma boa resistência e uma boa permeabilidade.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 16416: Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT. NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT: NBR 9781: Peças de Concreto para Pavimentação – Especificação e método de ensaio. Rio de Janeiro, 2013

ABNT: NBR 6502: Rochas e Solos. Rio de Janeiro, 1995.

ABNT: NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ALBUQUERQUE, Flávia. 42% dos resíduos sólidos coletados no país vão para locais inadequados, indica estudo. 2014. Disponível em: <http://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2012-05-08/42-dos-residuos-solidos-coletados-no-pais-vaio-para-locais-inadequados-indica-estudo>.

ÂNGULO, S.C. Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados. São Paulo, 2000. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

Ar, I. M. (2012). The impact of green product innovation on firm performance and competitive capability: the moderating role of managerial environmental concern. *Proceeded Social and Behavioral Sciences*, n. 62, n. 4, p. 854-864

BRASILEIRO, Luzana Leite, Utilização de Agregados Reciclados Provenientes de RCD em Substituição ao Agregado Natural do Concreto Asfáltico, 2013, Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Materiais, Universidade Federal do Piauí, Teresina.

BRASIL. Resolução CONAMA N° 307, de 05 de julho de 2002. Dispõe sobre gestão dos resíduos da construção civil. Ministério do Meio Ambiente.

BROTTI, Ruan Carlos Wessler. Contribuição ao Estudo de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) Visando à Fabricação de Peças de Pavimento. 2014. 102 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Bacharelado em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco – PR.

CARDOSO, José Ribamar Abreu, Uso do Agregado de Entulho da Construção Civil de Manaus - AM para Obtenção de Bloco de Argamassa Celular. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

CASTILHOS JR., Amado. B. et al. Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos com ênfase na Proteção de Corpos d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterro sanitário. Rio de Janeiro: Ed. Abes, 2006.

CONAMA – Resíduos da construção civil, Ministério do Meio Ambiente, MA, Propostas de resolução, Brasília, 2002. <<http://www.mma.gov.br>>.

COSTA, N. et al. Planejamento de Programas de Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição no Brasil: uma Análise Multivariada. In: Artigo técnico, São Paulo, 2007.

DUARTE, E.B.L. (2013). Resistência a compressão de argamassa composta por resíduo de construção e demolição e politereftalato de etileno (PET) em flocos. Dissertação (Mestrado). Programa de Mestrado em Gestão Ambiental e Sustentabilidade. Universidade Nove de Julho, 170 p.

MIRANDA, Leonardo Fagundes Rosembach; ANGULO, Sérgio Ciarelli; CARELI, Élcio Duduchi. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. Ambiente Construído, v. 9, n. 1, p. 57-71, 2009.

MATOS, Eduardo Lima da Silva. Reaproveitamento de Resíduos da Construção Civil, Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - CENTRO DE Saikia, N., & de Brito, J. (2014). Mechanical properties and abrasion behaviour of concrete containing shredded PET bottle waste as a partial substitution of natural aggregate. Construction and Building Materials, 52, 236-244.

TAVARES, L.M. e C. S. KAZMIERCZAK C.S.(2016). Estudo da influência dos agregados de concreto reciclado em concretos permeáveis. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais.

VIEIRA, G.L.; MOLIN, D.C.C.D.; LIMA, F.B. de..Resistência e Durabilidade de Concretos Produzidos com Agregados Reciclados Provenientes de Resíduos de Construção e Demolição. Guimarães-Portugal: Engenharia Civil da Universidade do Minho, No.19, 05-18, 2004.

ANEXOS

Imagens 1 e 2 - Exemplos de RCD em centros urbanos



Fonte 1 - Trilho Ambiental; Fonte 2 – Abrecon

Imagens 3, 4 e 5 - RCD, depois de quebrado manualmente, passando por peneiramento e por último recolhido



Imagens 6 e 7 - Materiais utilizados no concreto – brita 0 e polietileno, respectivamente



Imagem 8 - Peneiras utilizadas no peneiramento manual



Imagem 9 - Formas sextavadas para confecção dos blocos



Imagens 10 e 11 - Blocos permeáveis depois desmoldados e curados, após 28 dias



Imagem 12 - Rompimento do bloco, ensaio de resistência à compressão



Imagens 13 e 14 - Passagem de água corrente nos blocos, ensaio de permeabilidade

