

# UTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: Ensaio comparativos de resistência entre agregados minerais e produtos reciclados

Franklin Claudio Gallo<sup>1\*</sup>

Prof.<sup>a</sup> Esp. Geisla Aparecida Maia Gomes<sup>2\*</sup>

## RESUMO

As transformações ocorridas no planeta têm exigido mudanças de comportamentos, pois o homem tem causado gigantescos impactos ao meio ambiente, provocando a exaustão dos sistemas ecológicos e climáticos. A construção civil tem uma contribuição relevante do ponto de vista do avanço em saneamento básico, abastecimento de água potável e energia para as populações, com obras de reservatórios, usinas hidroelétricas. Porém também contribui para a geração de resíduos sólidos. É de conhecimento público e dos setores governamentais e privados de gestão ambiental que, principalmente nos grandes centros, o volume de entulhos provenientes da construção civil é considerável. Assim como é através da Engenharia que é elaborada grande parte das soluções para os problemas e as necessidades do homem no seu desenvolvimento social e econômico como um todo, espera-se que dela surjam cada vez mais alternativas para solucionar e mitigar os impactos gerados pelos RCD - Resíduos de construção e demolição. Uma solução viável para atender a legislação, como ação mitigadora para o problema de acúmulo e descarte inadequado no meio ambiente com relação ao RCD será a o tratamento dos resíduos de forma a serem reciclados possibilitando o reuso em obras de construção civil. A fim de satisfazer a dúvida com relação à equivalência entre o uso de RCD e de agregados tradicionais em concreto, este trabalho avalia, através de ensaios de resistência em compressão nos corpos de prova comparando-os com os agregados minerais tradicionais. O método adotado foi inicialmente de pesquisa bibliográfica e artigos sobre o RCD e em literaturas vinculadas ao tema e ensaios de compressão em corpos de prova de concreto com agregados de minerais tradicionais e agregados de RCD e a execução de ensaios. Após a execução dos previstos ensaios e dos respectivos registros de resultados, evidenciou-se a existência de uma discrepância de resistência dos concretos de 1ª composição e 2ª composição. Dessa forma analisados os resultados conclui-se que os agregados reciclados podem ser adicionados em concretos não estruturais.

Palavras chave: Uso de RCD, Reciclagem de RCD, Agregados de RCD.

[1]

\*Graduado em licenciatura plena em Matemática, Graduando em Engenharia Civil, UNIS - Centro Universitário de Sul de Minas. franklincgallo@yahoo.com.br

[2]

\*Prof. Esp. Geisla Aparecida Maia Gomes. Engenheira Civil, Mestranda em Estatística Aplicada. Docente no centro universitário do Sul de Minas.

## ABSTRACT

The transformations that have occurred on the planet have demanded changes in behavior, as man has caused huge impacts on the environment, causing the exhaustion of ecological and climatic systems. Civil construction has a relevant contribution from the point of view of progress in basic sanitation, supply of drinking water and energy for the populations, with works of reservoirs, hydroelectric plants. However, it also contributes to the generation of solid waste. It is public knowledge and that of the government and private sectors of environmental management that, especially in large centers, the volume of debris from civil construction is considerable. Just as it is through Engineering that a large part of the solutions to the problems and needs of man in their social and economic development as a whole are elaborated, it is expected that more and more alternatives will emerge to solve and mitigate the impacts generated by the RCD - Construction and demolition waste. A viable solution to comply with the legislation, as a mitigating action for the problem of accumulation and inadequate disposal in the environment in relation to the RCD, will be the treatment of waste in order to be recycled allowing the reuse in civil construction works. In order to satisfy the doubt regarding the equivalence between the use of RCD and traditional aggregates in concrete, this work evaluates, through tests of compressive strength in the specimens, comparing them with the traditional mineral aggregates. The adopted method was initially of bibliographic research and articles about the RCD and in literature related to the theme and compression tests in concrete specimens with traditional mineral aggregates and RCD aggregates and the execution of tests. After the execution of the predicted tests and the respective results records, it was evidenced the existence of a discrepancy in strength of the concretes of 1st composition and 2nd composition. Thus, after analyzing the results, it is concluded that the recycled aggregates can be added in non-structural concrete.

Keywords: RCD use, RCD recycling, RCD aggregates.

## 1 INTRODUÇÃO

As transformações ocorridas no planeta têm exigido mudanças de comportamentos, pois o homem tem causado gigantescos impactos ao meio ambiente, provocando a exaustão dos sistemas ecológicos e climáticos.

A construção civil tem uma contribuição relevante do ponto de vista do avanço em saneamento básico, abastecimento de água potável e energia para as populações, com obras de reservatórios, usinas hidroelétricas, prédios residenciais e edifícios arranha céu, pontes e outros. Em contrapartida, depara-se com uma destinação inadequada dos seus rejeitos, causando situações indesejadas. Segundo Roth (2009), a construção civil é um dos elementos que contribui significativamente para a geração de rejeitos de grande potencial poluidor (ROTH, 2009).

Em 2010 a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON), apresentou uma estimativa que no Brasil atualmente deixa-se de economizar cerca de oito bilhões de reais ao ano, por não reciclar materiais de construção. (ABRECON, 2010).

É de conhecimento público e dos setores governamentais e privados de gestão ambiental que, principalmente nos grandes centros, o volume de entulhos provenientes da construção civil é considerável. Chamado de RCD (resíduo de construção e demolição), esse tipo de rejeito, embora não seja dos mais incômodos sob o aspecto sanitário, não deixa de ter potencial poluidor. O RCD impacta diretamente na contaminação de solos, cursos d'água, favorecendo também o aparecimento de animais peçonhentos, vetores de doenças e sem falar dos impactos visuais.

Estatisticamente o RCD é responsável por 60% de todo os resíduos sólidos descartados em áreas urbanas e somente 70% são reaproveitados (ABRECON, 2011). No ano de 2017, as cidades brasileiras coletaram por dia 123.421 toneladas de RCD.(ABRELPE, 2018)

Assim como é através da Engenharia que é elaborada grande parte das soluções para os problemas e as necessidades do homem no seu desenvolvimento social e econômico como um todo, espera-se que dela surjam cada vez mais alternativas para solucionar e mitigar os impactos gerados pelos RCD.

Buscando minimizar os efeitos prejudiciais e com o intuito de se construir uma existência sustentável e harmônica com a natureza, pesquisadores desenvolveram estudos para a reciclagem e a reutilização dos resíduos sólidos da construção civil como agregados em pavimentos (BODI, 1997), em argamassas (LEVY, 1997) e em concretos (ZORDAN, 1997).

A lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, apresenta-se como a referência de maior importância na proteção e preservação ambiental. Esta lei fortalece a aplicação do artigo Constitucional 225, que preconiza referenciais ao meio ambiente prevendo um equilíbrio ecológico, reunindo ao mesmo contexto deveres e responsabilidades aos grupos de atividades ao gerar de danos ao meio ambiente.

Uma solução viável para atender a legislação, como ação mitigadora para o problema de acúmulo e descarte inadequado no meio ambiente com relação ao RCD será a o tratamento dos resíduos de forma a serem reciclados possibilitando o reuso em obras de construção civil.

Porém embasados em experiências empíricas, os profissionais da área da construção civil ainda manifestam resistências com relação ao uso de RCD.

A fim de satisfazer a dúvida com relação à equivalência entre o uso de RCD e de agregados tradicionais em concreto, a proposta deste trabalho é a avaliação, seguindo a ABNT NBR 7211/1983, do RCD em ensaios de resistência em compressão nos corpos de prova comparando-os com os agregados minerais tradicionais.

Os ensaios executados entre os dois compostos buscam evidenciar e comparar se utilização do RCD como agregado para o concreto comprometem a resistência do produto final, elucidando dúvidas ainda existentes sobre a aplicação deste resíduo.

A partir dos resultados obtidos através dos ensaios destrutivos de carga de compressão pode-se avaliar e comparar a resistência entre as composições de concreto, 1ª composição (agregados minerais tradicionais) e 2ª composição (agregados de RCD). Dessa forma, a aplicação do RCD poderá ser uma opção no momento de escolha de agregados para um concreto não estrutural, nessa circunstância poderá substituir os agregados minerais tradicionais utilizados em concreto seguindo padrões da ABNT NBR 6118/2014- Estrutura de concreto armado e NBR 9781/2013 – Peças de concreto para pavimentação.

## **2 CONSIDERAÇÕES SOBRE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

De acordo com Blumenschein (2007), os resíduos da construção e demolição - RCD são as sobras e entulhos gerados nos canteiros de obras e decorrentes do processo construtivo. No Brasil em 2017 gerou-se resíduos sólidos urbanos (RSU) o total de 78,4 milhões de toneladas, portanto 47,04 milhões de toneladas correspondente aos 60% de RCD.

De acordo com Associação Brasileira de Empresas de Limpezas Especiais (ABRELPE, 2018), no Brasil até meados de 2013, a coleta de RCD pelos municípios foi equivalente a 0,584 Kg/hab/dia sendo este valor 4,6% maior do que o calculado no ano anterior.

Os problemas causados pela geração de RCD estão atrelados à falta de um gerenciamento de resíduos e apoio por parte dos envolvidos nesse processo, abrangendo gestores de obras e autoridades competentes. É possível observar quanto ainda pode-se fazer para atingirmos um ponto de equilíbrio entre a geração desses resíduos e sua destinação

correta tendo em vista as necessidades ambientais e econômicas do Brasil. (GRADIN et al, 2015)

Segundo Pinto (1999), a indústria da construção civil gera 41% a 70% do total de resíduos sólidos e aponta que quanto maior a cidade maior a demanda de obras e conseqüentemente evoluem as questões de RCD, esbarrando em outro problema que é a falta de locais adequados para o recebimento desses rejeitos.

De acordo com a resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA de 17 de julho de 2002 além de estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão também classifica o RDC da seguinte forma:

I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

IV - Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. (CONAMA,2002).

Todos os setores da construção civil são geradores de resíduos sólidos, 50% deste montante é causado pelo desperdício, mau gerenciamento, observando que uma gestão mais efetiva com melhor planejamento poderia contribuir para a redução de resíduos e rejeitos. De maneira que, se esses resíduos fossem utilizados em maior quantidade, teríamos um panorama menos agressivo ao meio ambiente, adequações às normas e legislações e maior sustentabilidade (PINTO, 1999)

### **3 COMPOSIÇÃO DO CONCRETO**

O concreto é considerado um dos mais importantes componentes entre os demais materiais estruturais utilizados na construção civil. Esse material sobressai sobre a madeira e o aço comum por fatores que sua composição oferece. De fácil modelagem e manuseio permite variáveis dimensões, resistência excelente à ação com água, de forma que essas

características fazem deste composto o mais difundido entre as tecnologias aplicadas na construção, porém é gerador em potencial de RCD. (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

O concreto é preparado a partir de uma mistura de cimento e agregados minerais a exemplo, areia, brita (pedra triturada) e água e ou ser acrescentado outros aditivos que aumentar sua plasticidade, reduzir a retração, acelerar ou retardar o tempo de pega e aumentar a durabilidade. Esses elementos agregados quando misturados podem ser colocados em diferentes proporções que essas variações recebe o nome de traço ou dosagens a resultante dessa mistura forma uma liga conhecida com concreto.

De acordo com a ABNT-NBR 12.655/2006 (item 3.1.29) o traço ou composição é a expressão das quantidades, em massa ou volume, dos vários componentes do concreto (geralmente referido ao cimento). O traço também pode ser expresso em quantidades de materiais por metro cúbico de concreto.

Outra condição que essa mistura oferece como facilitador para seu manuseio e uso é o fato de poder ser preparadas manualmente nos canteiros de obras, de forma mecânica por betoneiras ou até industrializada em grandes quantidades em usinas dosadoras centrais, conhecido como concretos usinado (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas define algumas diretrizes em relação ao concreto e agregados, sendo as principais:

- **NBR 7211/1983**. Trata de agregado para concreto e fixa as características exigíveis na recepção e produção dos agregados miúdos e graúdos de origem natural, destinados a produção de concreto.
- **NBR 15113/2004** - Trata dos resíduos sólidos da construção civil, destinados a aterros.
- **NBR 15114/2004** - Trata de áreas de reciclagem de RCD, orientações a projeto, implantação e operação.
- **NBR 15115/2004** - Trata de agregados reciclados destinados a pavimentação, procedimentos.
- **NBR 15116/2004** - Trata de agregados reciclados de RCD em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural, requisitos.
- **NBR 5739/2018** - Trata de ensaios de compressão em corpo-de-prova cilíndricos de concreto, define métodos.

As normas técnicas elencadas acima subsidiam informações, orientações e procedimentos para a seleção dos materiais e ensaios aplicados, para evidenciar resultados comparativos de seus compostos e resistência à compressão.

### **3.1 Agregados minerais tradicionais**

A ABNT NBR 9935/2011, nos itens 3.1.1. e 3.1.2., define agregados minerais tradicionais, como material granular, geralmente inerte, com dimensões e propriedades adequadas para a preparo de argamassa e concreto.

No item 3.1.3 - cita também que agregado natural é material pétreo, granular que pode ser utilizado tal e qual encontrado na natureza, podendo ser submetido à lavagem, classificação ou britagem.

### **3.2 Agregados reciclados de RCD**

Em uma linguagem mais técnica o RCD - resíduos de construção e demolição é todo resíduo gerado no processo construtivo, de reforma, escavação ou demolição, sendo que, em algumas literaturas, é também definido como RCC – resíduo da construção civil. Materiais que são descartados sem utilidades para a obra em execução, comumente chamado de entulho, esse tipo de material é um conjunto de fragmentos ou restos de tijolos, concreto, argamassa, aço, madeira, revestimentos cerâmicos, madeira e papelão em geral provenientes do desperdício no processo de construção, reforma e ou demolição de estruturas a exemplo residências, prédios, pontes e escavações

Os RCD podem ser utilizados como agregados na construção civil, ou seja, podem ser aplicados na vedação por alvenaria, revestimentos de pisos, paredes e concretos, conhecidos também por entulhos (LEVI, 1997).

Através de uma usinagem por trituração e moagem, esses resíduos são transformados em materiais granulares de variações entre grãos e miúdos que sua utilização substitui a brita e areia.

Conforme classificação resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA de 17 de julho de 2002, os materiais utilizados serão os da Classe A (são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados) relacionados nos itens a, b e c.

Na ABNT NBR 9935/2011, o item 3.1.6 faz referência ao agregado reciclado de resíduo da construção civil é material granular de processo de beneficiamento de resíduos de demolição ou de construção civil, previamente triados e pertencentes a classe “A” de resíduos sólidos, segundo a ABNT NBR 15.116. É classificado em agregados reciclado de concreto ou agregado reciclado misto.

Tabela de Grupos de RCD/RCC

Grupo I	Materiais compostos de cimento, cal, areia e brita: concretos, argamassa, blocos de concreto.
Grupo II	Materiais cerâmicos: telhas, manilhas, tijolos, azulejos.
Grupo III	Materiais não-recicláveis: solo, gesso, metal, madeira, papel, plástico, matéria orgânica, vidro e isopor. Desses materiais, alguns são passíveis de serem selecionados e encaminhados para outros usos. Assim, embalagens de papel e papelão, madeira e mesmo vidro e metal podem ser recolhidos para reutilização ou reciclagem.

Fonte: ABRECON (2011)

Segundo classificação dos resíduos sólidos da resolução 307/2002, CONAMA e ABRECON (2011) o tipo de RCD utilizado neste trabalho é de classe A e de grupos I, II e III como referência tabela acima.

#### 4 METODOLOGIA

O método adotado para este trabalho foi inicialmente de pesquisa bibliográfica e artigos sobre o RCD, em literaturas vinculadas ao tema e ensaios de compressão em corpos de prova de concreto com agregados de minerais tradicionais e agregados de RCD, dividido em três etapas.

Na primeira etapa, foram realizadas pesquisas nos materiais literários referenciados sobre tratamentos, usinagem (britagem) de RCD e utilização de agregados de resíduos da construção e demolição em concreto.



Na segunda etapa, foram coletados e selecionados os materiais, agregados minerais tradicionais e resíduos reciclados de RCD, para compor mistura de concreto dos corpos de prova. Foram selecionados os materiais para a confecção das massas de concreto em duas composições relacionados abaixo em ordem das composições:

**Agregados minerais tradicionais:**

- Areia média..... 0,01m<sup>3</sup>
- Brita zero..... 0,015m<sup>3</sup>

Estes agregados foram cedidos por uma Empresa do setor de concreto pré moldado da região do Sul de Minas em caráter de colaboração espontânea ao experimento realizado, e foram utilizados para a execução da 1ª composição de concreto com agregados de minerais tradicionais (areia e brita) nas porções relacionadas em unidade m<sup>3</sup>.

A coleta e seleção dos agregados de RCD foi efetuada em uma empresa do setor de usinagem e reciclagem de resíduos sólidos da construção civil, no município de Varginha - MG. Os elementos reciclados de RCD selecionados substituem equivalentemente a areia média e a brita zero tradicionais, sendo utilizados na 2ª composição de concreto com agregados de RCD, em volumes relacionados abaixo.

**Agregados reciclados de RCD:**

- Granulado fino (substituindo areia)..... 0,01m<sup>3</sup>
- Granulado médio (Substituindo brita zero)..... 0,015m<sup>3</sup>

**Cimento:**

- Cimento Portland CP II ..... 0,01m<sup>3</sup>

**Água:**

- Água tratada fornecida pela concessionária COPASA
- Dosagem suficiente para hidratação necessária para uma mistura homogênea e proporcionar trabalhabilidade final do concreto.

A água utilizada para a hidratação da mistura pastosa de concreto foi a fornecida pela COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Como o propósito deste trabalho é

evidenciar comparativo de resistência a compressão de até 25 MPa nas composições de concretos, utilizando agregados tradicionais e o RCD e não detalhes de composição químicas de seus elementos, foi considerado a água tratada em parâmetros (potável) fornecida pela COPASA como suficiente para a realização dos ensaios previstos. O volume de água utilizado para a confecção das massas de concreto nas composições 1ª e 2ª houve variações, pois a umidade entre os agregados minerais tradicionais e o de RCD também varia. Foi considerado uma umidade aceitável e normal e não foi possível mensurar parâmetros dessa variação entre os elementos agregados. Por concepções empíricas desprezou-se tais referenciais, por não interferir nas condições de ensaios das composições de concreto, após períodos de cura.

### **Traço**

O traço utilizado para confecção do concreto segue as mesmas proporções, para as duas composições de agregados, 1ª (minerais tradicionais) e 2ª (RCD reciclado). Utilizou-se o traço 1:2:3 ou seja: 1 parte de cimento, 2 partes de areia e 3 partes de brita. De acordo com norma NBR 12655/2015, item 5.6.2, admite que o traço seja estabelecido empiricamente quando em obras de pequeno porte. Para auxiliar a determinação deste traço foi utilizada uma tabela prática para traços de concreto e também por ser o traço mais utilizados em concretos mais fortes com resistência de compressão até 25Mpa. (DUARTE, 2015)

Para a que haja equilíbrio e equivalência nas composições de massas para o concreto em ambos os agregados, foram aplicados os mesmos volumes dos elementos, para o comparativo de resistência à compressão. O recipiente utilizado para as dosagens foi um balde plástico de 0,005m<sup>3</sup>.

Confeccionadas as massas de concreto, adotou-se o critério de ordem, 1ª - composição agregados tradicionais e 2ª - composição agregados de RCD reciclados. O processo de mistura utilizado foi manual, juntando os elementos secos (cimento, areia e brita) para homogeneização da mistura e acrescentando água suficiente em porções gradativas para atingir uma massa pastosa, possibilitando trabalhabilidade final do concreto, em um volume aproximado de 0,0094m<sup>3</sup> de água para cada composição. Em seguida foram preenchidos os corpos de prova cilíndricos com dimensões de 200mm de comprimento e 100mm de diâmetro, conforme ABNT NBR 5739/2018 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, que recomenda as proporções de duas vezes o diâmetro para o

comprimento para as dimensões. Dessa forma em média seu conteúdo volumétrico é de  $0,00157075\text{m}^3$ , sendo devidamente marcados e identificados para a segregação de composições (1ª e 2ª) e posteriores avaliações e registros dos resultados dos ensaios.

Com relação aos períodos e o processo de cura, adotou-se a seguinte prática, após as primeiras 24 horas de secagem os corpos de prova foram levados para um tanque de cura úmida onde seguiram por períodos de 03 dias, 07 dias e 28 dias. Sendo executados os ensaios em 2 pares de amostras para as duas composições de concreto (1ª e 2ª). Ensaios e resultados

A terceira etapa consiste na execução dos ensaios em corpos de prova. Seguindo normatização ABNT NBR 5739/2018, foram executados os ensaios destrutivo de compressão. Sendo realizados nas instalações de laboratório de uma Empresa do setor de concreto pré moldados da região do Sul de Minas, que cedeu suas instalações de maneira voluntária e solidária em contribuir com a pesquisa.

De acordo com o critério inicial utilizado na produção dos concretos e nos preenchimentos dos corpos de prova, 1ª - composição agregados tradicionais e em seguida, 2ª - composição agregados de RCD reciclados, efetuou-se em duas etapas os ensaios destrutivos seguindo a ordem de produção. Na aplicação de carga de compressão foi utilizado equipamento adequado, obedecendo às referências normativas na aplicação de cargas para as avaliações de resistências e também normas regulamentadoras em segurança no trabalho NR12 e NR18, em prevenção de possíveis imprevistos, incidentes ou até mesmo acidentes, no momento de ruptura do corpos de provas.

## **5 RESULTADOS**

Após a execução dos previstos ensaios e dos respectivos registros de resultados, esboçados no quadro 01 abaixo, os parâmetros obtidos, que possibilita avaliação das resistências à compressão nas composições de concreto (1ª composição - minerais tradicionais e 2ª composição - RCD reciclados).

Quadro 01 - Resultados dos ensaios de compressão em corpos de prova

Corpo de Prova Cilíndrico – Conforme NBR 5739					
Resultados dos ensaios/carga de ruptura – concreto (1ª Composição agregados tradicionais)					
Identificação	Dimensões mm		Cura – 03/dias	Cura – 07/dias	Cura – 28/dias
	Altura	Diâmetro	Carga Ruptura/MPa	Carga Ruptura/MPa	Carga Ruptura/MPa
Corpo de Prova	-----	-----	Tradicional	Tradicional	Tradicional
001- 398	203,00	100,39	16,58	21,08	25,21
002 - 398	200,98	100,15	16,32	20,47	25,16
001 - 399	202,19	100,38	17,01	20,06	24,72
002 - 399	200,18	100,19	17,03	20,19	25,09
<b>Média</b>	-----	-----	<b>16,74</b>	<b>20,45</b>	<b>25,06</b>
Resultado do ensaio/carga de ruptura – concreto (2ª Composição/agregados de RCD)					
Identificação	Dimensões mm		Cura – 03/dias	Cura – 07/dias	Cura – 28/dias
	Altura	Diâmetro	Carga Ruptura/MPa	Carga Ruptura/MPa	Carga Ruptura/MPa
Corpo de Prova	-----	-----	RCD	RCD	RCD
001- 400	203,00	100,28	8,35	9,53	15,03
002 - 400	200,79	100,16	7,22	8,35	14,32
001 - 401	202,57	100,21	8,39	7,69	13,82
002 - 401	202,30	100,18	8,27	8,24	14,20
<b>Média</b>	-----	-----	<b>8,05</b>	<b>8,45</b>	<b>14,36</b>

Fonte: Dados da pesquisa

Em observação aos resultados demonstrados no quadro 01 pode-se evidenciar a existência de uma discrepância de resistência dos concretos de 1ª composição em relação a 2ª composição. O quadro 01 permite também verificar a variação apresentada nos períodos de cura entre 03 dias, 07 dias e 28 dias com suas respectivas cargas de compressão até a ruptura em pares de amostras para cada período como registra o quadro 01 em ordem de crescente aos números de identificação.

Nota-se que no primeiro período de cura (03 dias) temos uma variação média em percentual de resistência à carga de compressão entre a composição 1ª e a 2ª de 48,08% a menos para o concreto com agregados de RCD. No segundo período (07 dias) a variação foi de 39,36% menor para a composição 2ª. E no terceiro período de cura (28 dias) uma crescente taxa de 57,30% menor para o concreto com agregados de RCD. Se aplicarmos a média aritmética percentual para estes dados (%), teremos uma estimativa de variação de resistência à compressão, para o concreto com agregados de RCD na ordem de até 48,25% menor que o concreto com agregados tradicionais.

## 6 CONCLUSÃO

Ao acompanhar os registros de dados obtidos através dos ensaios destrutivos de carga de compressão evidenciou-se que o concreto da 2ª – composição agregados de RCD reciclados não atingiu a resistência esperada de 25 Mpa, com uma média de resistência máxima na marca de 14,36 Mpa, comparando-o com a 1ª – composição de agregados tradicionais com marca de 25,06 Mpa. Mesmo nos períodos de 03 dias e 07 dias, as variações são significativas.

A capacidade baixa de resistência às cargas de compressão aplicadas no concreto com agregados reciclados de RCD pode ser provenientes das impurezas dos RCD, pois neles são agrupados todos os tipos de resíduos sólidos da construção civil, como restos de madeiras, gesso, cerâmicas e não só resíduos de concreto, britas e areias, e isso provoca assim efeitos negativos tanto nas propriedades mecânicas do concreto quanto na sua durabilidade. Dessa forma analisados os resultados conclui-se que os agregados reciclados podem ser adicionados em concretos não estruturais, como exemplos, calçadas, contra pisos, passeios. (LEITE, 2001).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRECON - Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. **Brasileiro produz por ano meia tonelada de resíduos de construção civil**, publicação em 03 de novembro de 2011.  
<<https://abrecon.org.br/brasileiro-produz-por-ano-meia-tonelada-de-residuos-de-construcao-civil/>>

ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais), **Edição do Panorama dos Resíduos Sólidos-2017**, publicação em 14 de setembro de 2018, SãoPaulo/SP.

<<http://www.abes-mg.org.br/visualizacao-de-clipping/ler/9557/lancamento-do-panorama-dos-residuos-solidos-no-brasil-2017>>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo, 2013. <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2013.pdf>>

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 6118/2014 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 7211/2009 - Agregados para Concreto - Especificação**. Rio de Janeiro - RJ, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 9781/2013 – Peças de concreto para pavimentação**. Rio de Janeiro - RJ, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 9935/2011 - Agregados - Terminologia**. Rio de Janeiro - RJ, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT NBR 1157/1991 - Cimento Portland composto**. Rio de Janeiro- RJ, 1991 <<https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2015/02/nbr-11578-cimento-portland-composto.pdf>>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 12655/2006 - Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento**. Rio de Janeiro - RJ, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 15113/2004 Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 15114/2004 Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 15115/2004 Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 15116:2004 Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural**.

BRASIL, CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente - **Resolução 307**, de 05 de julho de 2002. Dispõe sobre a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 17 de jul. 2002. Seção 1, p. 95-96.

BRASIL, **Lei nº 6.938**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, de 31 Ago. de 1981.  
<<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-6938-31-agosto-1981-366135-norm-actualizada-pl.pdf>>.

BLUMENSCHNEIN, Raquel Naves. **Manual técnico: Gestão de resíduos sólidos em canteiros de obras**. Brasília: SEBRAE/DF, 2007. 48p.

BODI, J. Experiência Brasileira com Entulho Reciclado na Pavimentação. In: **Reciclagem na Construção Civil, Alternativa Econômica para a Proteção Ambiental**, 29., São Paulo, 1997. Anais... São Paulo: Núcleo de Desenvolvimento de Pesquisas POLI /UPE, 1997. p. 56-63.

DUARTE, Leandro N. **Tabela Prática de traços para concretos** - Universidade Federal do Mato Grosso - MT., 2015. <<https://slideplayer.com.br/slide/7312563/>>

LEITE, M.B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. 266f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/21839>>.

LEVY, S. M. **Reciclagem do Entulho de Construção Civil para Utilização como Agregado de Argamassas e Concretos**. São Paulo, 1997. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

MANUAIS DE LEGISLAÇÃO. **Segurança e Medicina do Trabalho - Normas regulamentadoras**. Edição 85ª. Editora ATLAS. 2020.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: PINI, 1994.

MINAS GERAIS, **Lei nº 14.128**, de 19 de dezembro de 2001.  
<<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=728>>.

PINTO, T. P. P. **Metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana**. São Paulo, 1999. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

ROTH, C. G. et al. **Construção Civil e a Degradação Ambiental - Desenvolvimento em Questão Construção Civil e a Degradação Ambiental**. Editora Unijuí, ano 7, n. 13 - jun. 2009.

SILVA, A. L. A. **Aplicação de Resíduos Sólidos da Construção Civil em Bases e Sub-bases de Pavimentos**. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás – CEFET-GO. 2004.

ZORDAN, S. E. **A Utilização do Entulho como Agregado, na Confecção do Concreto**. Campinas, 1997. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.