



# PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE AGREGADOS GRAÚDOS E MIÚDOS RECICLADO DE CONCRETO POR DOIS PROCESSOS DE COMINUIÇÃO DISTINTOS

KARLISSON SILVA(1), IVA LIMA, ANDRESSA LIRA(2); PAULO GOMES(3)

(1) UFAL - Universidade Federal de Alagoas – karlisson.andre@gmail.com; (2) UFAL - Universidade Federal de Alagoas – anobregalira@gmail.com; (3) UFAL - Universidade Federal de Alagoas – ivaemanuelyl@gmail.com; (4) UFAL - Universidade Federal de Alagoas - karlakamilap@gmail.com; (5) UFAL - Universidade Federal de Alagoas - paulocorreiajomes@gmail.com

## RESUMO1

O reaproveitamento dos resíduos de concreto surge como uma alternativa para substituir os agregados naturais em parte ou em todo, por uma material reciclado que possui uma qualidade superior quando comparadas a outros tipos de resíduos. O entendimento das características físicas dos agregados gerados por diferentes processos de cominuição é um passo importante para a melhor aplicação do produto final. Para produção de agregados reciclados foram utilizados corpos de prova beneficiados em dois equipamentos diferentes (Britador de Mandíbulas e Moinho de Martelos). Foram analisadas as seguintes propriedades dos agregados: granulometria, forma do agregado, absorção de água, massa específica, teor de material fino. Com relação aos resultados foi possível identificar que a forma como os agregados são produzidos causam variação entre os resultados obtidos.

**Palavras-chave:** Agregados, concreto, cominuição.

## PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF RECYCLED COARSE AND FINE AGGREGATES OF CONCRETE BY TWO DIFFERENT COMBINATION PROCESSES

### ABSTRACT

Reuse of concrete wastes as an alternative to replace the natural aggregates in part or in whole, by a recycled material that has a superior quality when compared to other types of waste. The understanding of the physical characteristics of the aggregates generated by different comminution processes is an important step towards the best application of the final product. For the production of recycled aggregates, specimens were used that were benefited in two different equipments (Jaw Crusher and Hammer Mill). The understanding of the physical characteristics of the aggregates generated by different comminution processes is an important step towards the best application of the final product. For the production of recycled aggregates, samples were used from two different equipments (Jaw Crusher and Hammer Mill). The following properties of the aggregates were analyzed: size analysis, aggregate shape, water absorption, density, fine material content. Regarding the results it was possible to identify that the way the aggregates are produced cause variation between the results obtained.

**Key-words:** Aggregates, concrete, comminution.



## 1. INTRODUÇÃO

No ramo da construção civil, o melhor desempenho do setor, nos últimos 24 anos, foi alcançado em 2010, quando registrou taxa de crescimento de 11,6%, de acordo com o DIEESE (2012)<sup>(1)</sup>. Deste modo, a constante preocupação com o meio ambiente e o aumento da escassez de recursos naturais tem proporcionado uma busca por métodos sustentáveis, com o intuito de reduzir o impacto causado pelo consumo desenfreado de recursos da natureza<sup>(2)(3)</sup>.

De acordo com a ABRELPE<sup>(4)</sup>, estima-se que em 2016, a geração de resíduos de construção e demolição (RCD) ultrapassou 70 milhões de toneladas por ano, ou seja, uma média de 300 kg/hab por ano. A destinação incorreta dos resíduos gerados, principalmente em aterros clandestinos ou sanitários, é responsável pela degradação do meio ambiente<sup>(5)(6)</sup>. Assim, o estudo para a transformação destes resíduos em matéria-prima destinada à produção de novos materiais é de grande importância para o processo de reutilização e reciclagem, evitando um maior número de lançamento na natureza<sup>(7)(8)</sup>.

Considerando-se que, no Brasil, não seja habitual a produção de concreto com material reciclado, percebe-se uma tendência generalizada, por parte da iniciativa privada e do poder público, em equacionar e administrar a geração de entulhos de construção civil, que se vem transformando em um problema de grandes proporções nas maiores metrópoles do país<sup>(9)</sup>. Em contra partida, a utilização de agregados reciclados na produção de concretos, em diversos estudos<sup>(10)(11)(12)(13)</sup>, é citada como uma alternativa para reduzir a quantidade de RCD dispostos nos aterros, além de ser uma proposta sustentável.

A composição dos resíduos pode variar de acordo com a sua origem e os mais comuns são aqueles provenientes de RCD, que são constituídos por fragmentos de argamassas, concretos, cerâmicas e outros materiais secundários. Entretanto, existe a possibilidade em que a predominância do material seja composta por mais de 90% de fragmentos de cimento Portland e Rochas<sup>(14)</sup>, o que torna este material apto, mediante um beneficiamento, para a produção de agregados de resíduos de concreto (ARC).

A etapa de cominuição constitui a operação de fragmentação que agrupa um conjunto de técnicas que tem por finalidade reduzir, por ação mecânica externa e algumas vezes interna, um sólido de determinado tamanho em fragmentos de tamanho menor<sup>(15)</sup>.



Segundo a UTS (1999 apud MOTTA, 2005)<sup>(16)</sup>, as maiores diferenças verificadas entre os agregados reciclados e naturais podem ser resumidas a: forma do grão e textura superficial, que no material reciclado tendem a ser mais irregulares; densidade, que normalmente é menor nos agregados reciclados por apresentarem alta porosidade; absorção de água, que se apresenta como a diferença mais marcante entre os dois materiais, quanto às propriedades físicas.

Sabendo que as características dos agregados reciclados apresentam diferenças devido à origem do resíduo e do processo de beneficiamento<sup>(17)(18)(19)</sup>, e em virtude da necessidade de atenção para uma construção sustentável, a partir da substituição do agregado natural para o reciclado <sup>(20)(21)</sup>, o presente estudo faz uma análise comparativa entre processos distintos de cominuição de agregados reciclados, a fim de verificar as suas respectivas características físicas (granulometria, índice de forma, massa específica e absorção).

## **2. METODOLOGIA**

O estudo experimental trata da produção de agregados graúdos e miúdos reciclados de concreto, utilizando dois equipamentos de cominuição diferentes (tritador de mandíbulas e moinho de martelos), onde esse estudo foi dividido em duas etapas:

- a) Amostragem e obtenção dos agregados reciclados: coleta das amostras de resíduos de concreto reciclados e beneficiamento dos agregados em dois diferentes processos;
- b) Caracterização do agregado reciclado: caracterização desses agregados quanto à granulometria, forma do agregado, absorção de água e massa específica.

### **2.1. Amostragem e obtenção dos agregados reciclados**

O processo de beneficiamento do ARC envolve uma série de atividades. Primeiramente, foi realizada a coleta do resíduo, onde foram utilizados um total de 100 (cem) corpos de prova (CP) de concreto, com dimensões 10x20 cm, estes, foram provenientes do controle de qualidade de construtoras e de pesquisas da própria universidade, disponibilizado pelo LEMA. Os CP foram rompidos para obter a resistência à compressão e diminuir o tamanho do resíduo, uma vez que existe uma limitação de abertura na entrada dos equipamentos (britador de mandíbulas – Rota 1 e moinho de martelos – Rota 2). Após o rompimento na prensa, os resíduos foram fragmentados de forma manual com o auxílio de uma marreta. O material triturado passou por um processo de homogeneização com o intuito de diminuir a variabilidade do material.



As técnicas desenvolvidas para homogeneização utilizada em agregados reciclados buscam a obtenção de propriedades físicas nos padrões técnicos adequados ao uso futuro como material substituto dos agregados naturais. Assim, foram segregadas duas amostras de aproximadamente 185kg cada por meio de quarteamento para posterior comparação entre dois diferentes processos de cominuição: Rota 1 e Rota 2.

O britador de mandíbulas fragmenta o material através da força de compressão (esmagamento) aplicada por uma ou duas superfícies (mandíbulas) <sup>(15)</sup>. Para o processo de cominuição do resíduo, o equipamento foi regulado para obter agregados com dimensões máximas de 25mm. A amostra que foi destinada a ser cominuído neste equipamento precisou passar três vezes pelo equipamento, até restar muito pouco ou quase nada de material retido na peneira de 25 mm.

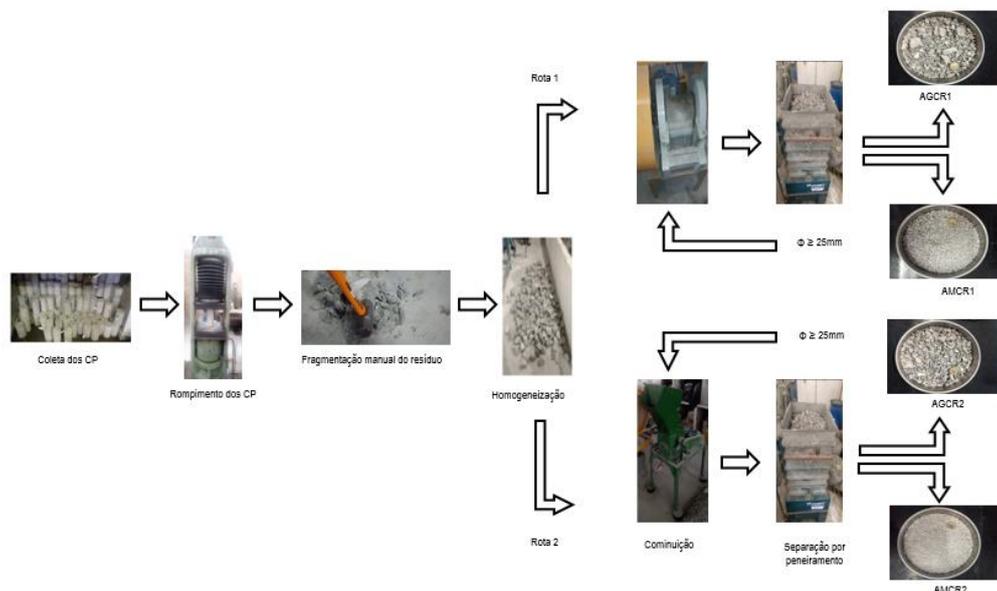
No moinho de martelos, o material sofre impacto proveniente dos martelos maciços fixos ao rotor e com a superfície interna da câmara <sup>(15)</sup>. Dessa forma, o agregado é reduzido devido ao atrito e ao cisalhamento, até que seja capaz de passar pela grade fixa com abertura máxima de 21 mm. A amostra fragmentada neste equipamento produziu agregados graúdos com dimensões menores que 25 mm, tendo todo o material passado pela peneira de 25 mm com apenas uma passagem no triturador.

Uma vez obtido os agregados reciclados de concretos eles foram separados em graúdos e miúdos ficando assim definidos: Agregado Graúdo de Concreto Reciclado Rota 1 (AGCR1); Agregado Miúdo de Concreto Reciclado Rota 1 (AMCR1); Agregado Graúdo de Concreto Reciclado Rota 2 (AGCR2) e o Agregado Miúdo de Concreto Reciclado Rota 2 (AMCR2).

Um resumo dos procedimentos realizados pode ser observado no fluxograma de amostragem e obtenção dos agregados reciclados de concreto disposto na Figura 1.



Figura 1 - Fluxograma de amostragem e obtenção dos agregados reciclados de concreto.



## 2.2. Caracterização do agregado reciclado

Nesta seção, estão descritas as propriedades analisadas no presente trabalho: distribuição granulométrica, índice de forma, massa específica e absorção de água. As normas utilizadas para verificação das características supracitadas estão dispostas na Tabela 1.

**Tabela 1 – Normas para verificação das propriedades dos agregados reciclados.**

Propriedades	Normas
Distribuição granulométrica	NBR NM 248 <sup>(22)</sup>
Forma do agregado	NBR 7809 <sup>(23)</sup> ; NBR 5564 <sup>(24)</sup>
Massa específica	NBR NM 52 <sup>(25)</sup> ; NBR NM 53 <sup>(26)</sup>
Absorção de água	NBR NM 30 <sup>(27)</sup> ; NBR NM 53 <sup>(26)</sup>
Material Fino	NBR NM 46 <sup>(28)</sup>

### 2.2.1. Forma do agregado

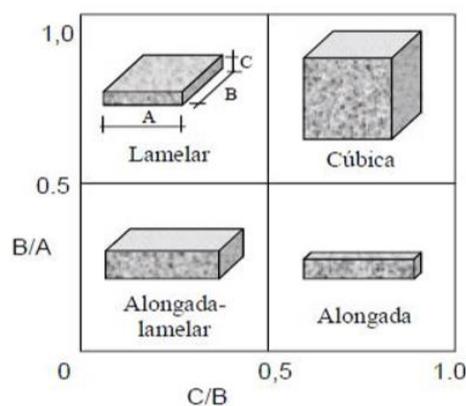
Para avaliar a forma dos grãos, duas técnicas foram utilizadas. A primeira foi a do índice de forma<sup>(23)</sup>, que representa a média da relação entre o comprimento e a espessura (comprimento/espessura) de 200 grãos dos agregados, ponderada pela quantidade de grãos de cada fração granulométrica que o compõe utilizando o paquímetro, sendo estas frações maiores ou iguais da granulometria de 9,5mm. O resultado da média obtida é um valor entre 1 e 3, que de



forma geral da entender que quanto mais próximo do valor 1 mais cubico será o agregado e quanto mais próximo de 3 mais alongado, este último valor é determinado pela NBR 7211<sup>(29)</sup>.

A segunda técnica<sup>(24)</sup> utilizada determina a forma dos grãos por paquímetro e classifica-a em lamelar, cúbica, alongada-lamelar e alongada (Figura 3), em função da razão entre a espessura e a largura (C/B) e da razão entre a largura e o comprimento (B/A), estando a razão entre as relações (C/B) e (B/A) entre intervalos de 0 a 1. Para este ensaio a norma citada anteriormente utiliza agregados com dimensões maiores ou iguais a 19mm e uma quantidade de 100 grãos para medição.

Figura 3 - Representação dos parâmetros de forma estabelecidos pela NBR 5564 (ABNT, 2011).



Fonte: Farias e Palmeiras (2010)<sup>(30)</sup>.

Para realizar este ensaio foram utilizados 200 grãos selecionados para a norma de Índice de forma<sup>(23)</sup>, sabendo que a norma NBR 5564<sup>(24)</sup> exige apenas 100 fragmentos. Com relação ao tamanho das partículas foram medidas partículas a partir de 9,5mm, entretanto, a segunda técnica utilizada<sup>(24)</sup> prevê a dimensão inicial de 19mm.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

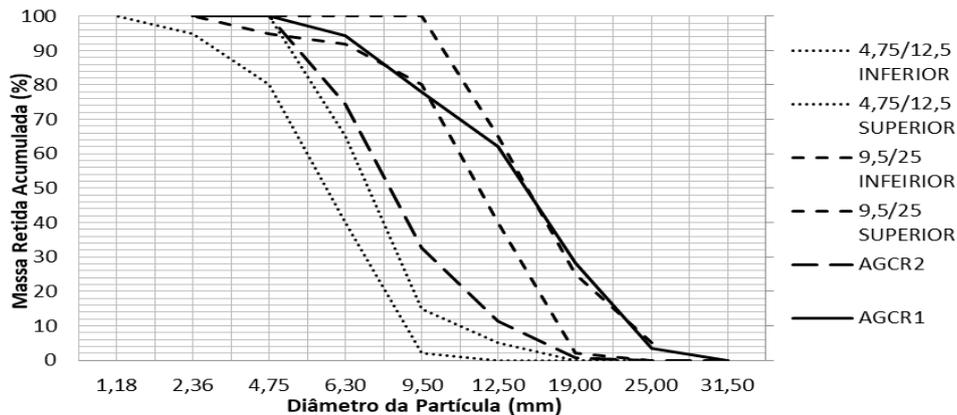
A seguir são apresentados e analisados os resultados referentes as características físicas dos agregados obtidos nas duas diferentes rotas (britador de mandíbulas – rota 1 e moinho de martelos – rota 2).

#### 3.1 Distribuição granulométrica

A distribuição granulométrica dos agregados graúdo e miúdo está representada nas figura 5.

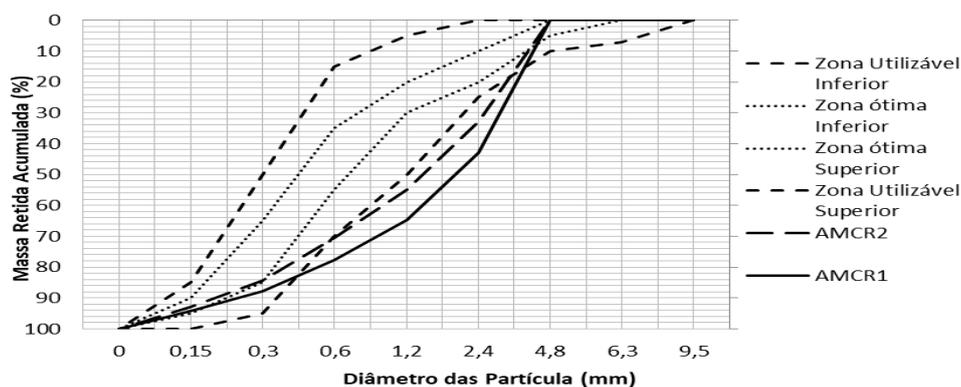


Figura 5 - Curvas granulométricas dos agregados graúdos reciclados de acordo com NBR NM 248<sup>(22)</sup>.



Na Figura 3 estão comparadas as curvas granulométricas dos agregados reciclados graúdos com os limites das zonas granulométricas estabelecidas<sup>(22)</sup>. Os AGCR1 apresentaram próximos de se enquadrarem entre as zonas 9,5/12,5 inferior e 9,5/12,5 superior. Já os AGCR2 não se enquadraram a nenhuma das curvas granulométricas ficando entre as faixas 4,75/9,5 superior e 9,5/25 inferior. Os AGCR1 apresentaram granulometria mais grossa que os AGCR2. As dimensões máximas características foram diferentes para os dois tipos de agregados, o AGCR1 ficou com 25 mm e o AGCR2 apresentou 19mm. Já o módulo de finura apresentou valores muito próximos para os dois processos ficando AGCR1 6,90 e o AGCR2 com 6,33.

Figura 6 - Curvas granulométricas dos agregados miúdos reciclados de acordo com a NBR NM 248<sup>(22)</sup>.



A partir da Figura 6, observa-se que os agregados miúdos apresentam uma distribuição contínua, porém, não se enquadram em nenhum limite das zonas granulométricas estabelecidas pela NBR NM 248<sup>(22)</sup> ficando acima da zona utilizável superior. Os AMCR1 tiveram granulometria mais grossa que os AMCR2. Com relação a dimensão característica máxima o valor foi igual para os dois agregados 4,75mm. O módulo de finura apresentou para o AMCR1 3,67 e para o AMCR2 3,36.



### 3.2 Forma do agregado

Analisando os dados da tabela 2, percebe-se que, para todas as faixas granulométricas, o índice de forma resultou em valores menores que 3, mostrando que todos os resultados obtidos estão dentro do limite recomendado<sup>(29)</sup>, que determina que o índice de forma não deve ser superior a 3. A granulometria do AGCR1 de 9,5 mm foi a que mais se aproximou do valor máximo 3. Da mesma forma, que a média total indica que AGCR1 e AGCR2 estão mais próximos do formato lamelar. Analisando os dados de forma<sup>(24)</sup> os AGCR1 enquadraram-se com formato cúbico, já os ACR2 também tenderam ao formato cúbico, porém, ultrapassou os limites máximos determinados.

**Tabela 2 - Determinação dos parâmetros de forma pela NBR 7809 <sup>(23)</sup> e pela NBR 5564<sup>(24)</sup>.**

		AGCR1				AGCR2		
		9,5	12,5	19,5	Média Total	9,5	12,5	Média total
Índice de forma	Média	2,8	2,5	2,5	2,6	2,2	2,3	2,5
	Desvio Padrão	1,2	0,7	0,8	0,9	0,9	0,7	0,9
Espessura/ Largura	Média	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	Desvio Padrão	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Largura/ Comprimento	Média	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7
	Desvio Padrão	0,5	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2

### 3.3 Massa específica

Os resultados das massas específicas para os agregados reciclados graúdos encontra-se na tabela 3.

**Tabela 3 - Valores médios da massa específica dos agregados graúdo (g/cm<sup>3</sup>).**

Agregado Graúdo	AGCR1	AGCR2
Massa específica do agregado seco	2,60	2,64

De acordo com os dados fornecidos pela tabela 3, observa-se que os valores médios encontrados para ambos os agregados graúdos foram bem próximos. Estudos mostram<sup>(30)</sup> que os valores de massa específica variam entre 2,12 e 2,70 g/cm<sup>3</sup>. Os resultados de massa específica encontrados na bibliografia<sup>(11)</sup> são muito variáveis, mesmo para materiais reciclados com composição muito



parecida. Ainda, a autora complementa que o fato pode ser explicado com base na própria composição do material, tipo de beneficiamento, granulometria e outros. A próxima tabela 4 mostra o resultado para a massa específica dos agregados miúdos.

**Tabela 4 - Valores médios da massa específica dos agregados miúdo (g/cm<sup>3</sup>).**

Agregado Miúdo	AMCR1	AMCR2
Massa específica	2,26	2,30

Com os dados fornecidos pela tabela acima é possível perceber que os agregados miúdos tiveram uma variação igual ao dos grãos, onde AMCR2 foi um pouco maior que AMCR1 e para ambos os agregados miúdos os valores ficaram entre os valores estabelecidos<sup>(31)</sup>.

### 3.4 Absorção de água

A absorção de água dos agregados reciclados está representada na tabela 5.

**Tabela 5 - Valores médios de absorção dos agregados grãos e miúdo.**

AGREGADO	%
AGCR1	6,00
AGCR2	6,40
AMCR1	6,20
AMCR2	6,89

A absorção encontrada nos agregados reciclados tabela 5, enquadra-se nos valores preconizados pela norma<sup>(32)</sup>, para os agregados grãos o valor máximo da absorção é menor ou igual a 7%, o ACCR2 foi o que mais se aproximou do valor limite. Já para os agregados miúdos o valor máximo de absorção é menor ou 12%, o AMCR2 atingiu um valor pouco maior que a metade permitida.

### 3.5 Teor de material fino

A tabela 6 apresenta o teor de material fino que passa pela peneira de 75µm, dos agregados miúdos reciclados.

**Tabela 6 - Valores médios do teor de material fino (%).**

AGREGADO	%
AMCR1	2,87
AMCR2	3,06

O resultado do teor de material fino dos agregados miúdos estão dentro do limites permitidos pela NBR 7211<sup>(29)</sup>, estabelecendo o uso dos AMCR1 para concretos submetidos a desgaste superficial e para AMCR2 para uso em concretos protegidos do desgaste superficial. Para os dois tipos de



agregados miúdos os valores estão abaixo dos 15% estabelecidos pela NBR 15116<sup>(31)</sup> para agregado reciclado destinado ao preparo de concreto sem função estrutural.



## 4. Conclusão

- De acordo com os resultados obtidos, percebeu-se que, por meio dos dois processos de cominuição (Rota 1 e Rota2), as curvas granulométricas dos agregado graúdos e miúdos não se encaixaram em nenhuma das zonas estabelecidas pela norma utilizada. Além disso, o módulo de finura obtido pelo processo de compressão foram maiores que os de impacto o que gerou agregados mais grossos.
- Ao que refere-se a forma do agregado, a verificação utilizando a primeira metodologia com duas dimensões apresentou valores para ambos os agregados graúdos mais próximos do valor 3, isto implica em um formato lamelar. A inclusão de mais uma dimensão utilizando a segunda metodologia levou a valores que deram a forma cúbica para os dois tipos de agregados.
- Em relação à massa específica, percebeu-se que os valores encontrados pelos dois processos de cominuição foram muito semelhantes entre si tanto para os agregados graúdos quanto para os miúdos, entretanto apesar da pouca diferença é possível observar que os agregados gerados pelo processo de impacto gerou um material com maior massa específica do agregado seco e massa específica, uma possível causa foi a forma como o material é cominuído, os impactos causados pela rotação dos martelos e os choques com o aparato do equipamento podem ter contribuído para diminuir a argamassa aderida as britas.
- Ao que refere-se à absorção, os valores encontrados pela rota 2 também foram maiores, apesar da variação se apresentar com uma pequena discrepância, mostrando que o moinho de martelos apresentou maior absorção. Dessa forma, analisando estas duas características, a escolha pelo procedimento pelo moinho de martelos ou britador de mandíbulas não apresenta modificações significantes.
- Em relação a absorção, os agregados produzidos através do processo de impacto, tanto o graúdo quanto o miúdo, tiveram valores um pouco maiores que os agregados produzidos pelo processo de compressão, essa diferença pode ser explicada pela forma como as partículas são fragmentas no segundo processo gerando finos que se aderem aos grãos maiores.



- O teor de material fino foi praticamente o mesmo para os dois agregados miúdos, com um pequeno acréscimo para os AMRC2, uma possível causa para esta variação pode ser o menor tamanho das partículas geradas pelo processo de cominuição por impacto que gera uma quantidade de materiais finos que aderem aos agregados.



## 5 REFERÊNCIAS

1. Departamento intersindical de estatística e estudo socioeconômicos. Estudo Setorial da Construção. São Paulo: DIEESE, 2012. Disponível em: <<https://www.dieese.org.br/estudosetorial/2012/estPesq65setorialConstrucaoCivil2012.html>>. Acesso em: 18 de Dezembro de 2018.
2. PORTELA, I. F., TROMBIM, D. C., & GONÇALVES, E. P. **Concreto reciclado: estudo e caracterização das matérias primas**. Revista Univap, 22(40), 634. 2017.
3. Santos, A. G., Teixeira, R. W., de Mello, E. A., & Teixeira, J. **Avaliação do custo de construção de uma estrutura de pavimento empregando agregado reciclado de RCD**. REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil, 2015.
4. ABRELPE, Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017.
5. PASCHOALIN, Filho, João Alexandre; Graudenz, Gustavo Silveira. **Destinação irregular de resíduos de construção e demolição (RCD) e seus impactos na saúde coletiva**. Environmental & Social Management Journal/Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 6, n. 1, 2012.
6. FAGURY, S.C; GRANDE, F.M. **Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCD)- aspectos gerais da gestão pública de São Carlos/SP**. Exacta, v. 5, n. 1, 2007.
7. JOHN, Vanderley M.; AGOPYAN, Vahan. Reciclagem de resíduos da construção. **Seminário Reciclagem de Resíduos Sólidos Domésticos**, 2000.
8. ANGULO, S. C., **Caracterização de Agregados de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados e a Influência de Suas Características no Comportamento Mecânico de Concretos**, Tese D. Sc., Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
9. LEVY, S. **Produzindo concretos ecológica e politicamente corretos**. *Exacta*, 4 (2), 375-384. 2006.
10. BAZUCO, R. **Utilização de agregados reciclados de concreto para produção de novos concretos**. Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 1999.
11. LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 2001.
12. ANGULO, S. C., **Caracterização de Agregados de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados e a Influência de Suas Características no Comportamento Mecânico de Concretos**, Tese D. Sc., Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.



13. ZORDAN, S., PAULON, V. A., **A Utilização do Entulho como Agregado para o Concreto**, *Engenharia e Construção*, v. maio, n. 44 e 45, pp. 19-21, 2000.
14. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR 15116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos
15. Angulo, S. C., & FIGUEIREDO, A. D. (2011). **Concreto com agregados reciclados**. *ISAIA, GC Concreto: ciência e tecnologia*. São Paulo: Arte Interativa.
16. FIGUEIRA; H. V. O.; ALMEIDA, S. L. M; LUZ, A. B. C. In: LUZ, Adão Benvindo da; SAMPAIO, João Alves; ALMEIDA, Salvador L. M de. **Tratamento de minérios**. 4.ed. rev. Rio de Janeiro: CETEM, 2004.
17. MOTTA, R. S. **Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego**. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. (2005).
18. BUTTLER, A. M. **Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto: influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados**. Dissertação (Mestrado em Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2003.
19. Moreira, L. H. H. **Avaliação da influência da origem e do tratamento dos agregados reciclados de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto estrutural** (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo). 2010.
20. TENÓRIO, J. J. L. **Avaliação de propriedades do concreto produzido com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição visando aplicações estruturais**. Universidade Federal de Alagoas: Maceió, 2007.
21. Lovato, P. S. (2007). **Verificação dos parâmetros de controle de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição para utilização em concreto**. Dissertação (mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de engenharia. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, BR-RS 2007.
22. Vieira, G. L., Dal Molin, D. C., & Lima, F. B. (2004). **Resistência e durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição**. *Revista Engenharia Civil*, 5-18.
23. \_\_\_\_\_. **ABNT NBR 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
24. \_\_\_\_\_. **ABNT NBR 7809**: Agregado graúdo – Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro – método de ensaio. Rio de Janeiro, 2008.
25. \_\_\_\_\_. **ABNT NBR 5564**: Via férrea – Lastro ferroviário – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2014.



26. \_\_\_\_\_. **ABNT NBR 52:** Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.
27. \_\_\_\_\_. **ABNT NBR 53:** Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.
28. \_\_\_\_\_. **ABNT NBR 30:** Agregado miúdo - Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001.
29. \_\_\_\_\_. **ABNT NBR 46:** Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003.
30. \_\_\_\_\_. **ABNT NBR 7211:** Agregados para concreto. Rio de Janeiro, 2009.
31. FARIAS, M. M.; PALMEIRA, E. M. **Agregados Para a Construção Civil.** In: ISAIA, G. C. *Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.* São Paulo: Ibracon, 2010.
32. CARRIJO, P. M. **Análise da influência da massa específica de agregados graúdos provenientes de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto.** 2005. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2005.
33. \_\_\_\_\_. **ABNT 15116:** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro 2004.