

ÁREA TEMÁTICA: RECICLAGEM

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS ENTRE AGREGADOS RECICLADOS E NATURAIS

*Cleber Luis Pedroso¹ (cleber.ped@gmail.com), Daniela Evaniki Pedroso²
(daniela.pedroso@utp.br), Paulo Eduardo de Melo Paris² (paulomparis@gmail.com),
Felipe Barczak² (felipebarczak@hotmail.com).*

1 Universidade Tecnológica Federal do Paraná

2 Universidade Tuiuti do Paraná

RESUMO

Com a crescente preocupação dos diferentes setores da indústria com a questão ambiental, o setor da Construção Civil, por ser um dos maiores geradores de resíduos, provenientes das construções e/ou demolições, começou a se aprofundar em pesquisas utilizando diferentes alternativas para o menor descarte destes materiais na natureza. Uma destas opções é a britagem e o peneiramento dos resíduos cimentícios e cerâmicos para posterior utilização como agregado, tanto miúdo, como graúdo, em argamassas e concretos reciclados. Neste sentido, este estudo visou analisar a usabilidade destes agregados em argamassas, comparando as propriedades dos agregados através de ensaios de granulometria, massa específica, massa unitária e teor de inchamento, entre os agregados naturais e reciclados, comparou ainda a consistência pela mesa de abatimento e a resistência através do ensaio de resistência à compressão axial. Os resultados demonstraram que a utilização de agregados miúdos reciclados para a confecção de argamassas é uma alternativa interessante, visto que a resistência das argamassas confeccionadas com 100% de agregado reciclado ficou muito próxima da argamassa com agregado natural. Já nas propriedades físicas dos agregados, o teor de umidade dos agregados reciclados foi bastante alta, tal fato pode ser explicado pela quantidade de argamassa aderida ao material reciclado, bem como as suas elevadas taxas de porosidade.

Palavras-chave: Argamassa reciclada; Agregados; Propriedades físicas e mecânicas.

COMPARATIVE ANALYSIS OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES BETWEEN RECYCLED AND NATURAL AGGREGATES

ABSTRACT

With the growing concern of the different sectors of industry with the environmental issue, the Civil Construction sector, being one of the largest generators of waste, from construction and/or demolition, began to deepen in research using different alternatives for the lower disposal of these materials in nature. One of these options is the crushing and sifting of cement and ceramic residues for later use as aggregate, both small and large, in recycled mortars and concretes. In this sense, this study aimed at analyzing the usability of these aggregates in mortars, comparing the properties of the aggregates through granulometry, specific mass, unit mass and swelling content, between natural and recycled aggregates, and also compared the consistency by the abatement table and resistance through the axial compressive strength test. The results showed that the use of recycled aggregates to make mortars is an interesting alternative, since the resistance of the mortars made with 100% recycled aggregate was very close to the natural aggregate mortar. In the physical properties of the aggregates, the moisture content of the recycled aggregates was quite high. This fact can be explained by the amount of mortar adhered to the recycled material, as well as its high porosity rates.

Keywords: Recycled mortar; Aggregates; Physical and mechanical properties.

1. INTRODUÇÃO

O ramo da construção gera um grande volume de Resíduo da Construção Civil (RCC), tanto pelo envelhecimento das edificações, que costumam ter durabilidade de 50 a 100 anos e necessitam de reformas (KIBERT, 2000), assim como pela influência de catástrofes naturais e artificiais (terremotos, furacões, incêndios) que geram destruição de edificações (LEVY, 1997). A *Environmental Protection Agency's* (EPA) mostrou que no ano de 2014, foram gerados cerca de 548 milhões de toneladas de RCC nos Estados Unidos da América e deste número, 70% eram compostos por concreto, 15% de concreto asfáltico, 7% produtos de madeira, 3% de telhas asfálticas, 2% de tijolos e telhas de barro, 2% de *drywall* e gessos e 1% de aço. Já nos municípios brasileiros, no ano de 2011, eram coletados cerca de 106.000 toneladas ao dia de RCC, totalizando 38 milhões de toneladas no ano, onde 63% dos compostos são provenientes de argamassa, 29% de concretos e blocos, 7% outros e 1% de orgânicos (ABRELPE, 2011; MONTEIRO *et al.*, 2001). Historicamente, o setor da construção destina incorretamente estes materiais, prejudicando o meio ambiente. Leis mais rigorosas vêm sendo impostas pelos governos brasileiros para a correta destinação dos materiais descartados de obras, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12.305/2010), que exige para grandes geradores de RCD's a execução do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), visando o correto manejo, acondicionamento, transporte e destinação final de resíduos. Além do destino correto, a engenharia civil cada vez mais estuda a viabilidade da reutilização dos RCD's como agregados graúdos e miúdos, a partir da britagem e peneiramento de resíduos de concreto proveniente de demolições e sobras de materiais de concreteiras.

Os agregados são materiais granulares, sem forma ou volume definido, geralmente inerte com dimensões e propriedades adequadas para a produção de argamassa. As finalidades da adição destes materiais são: a diminuição do custo, por possuírem menor preço comparado ao cimento, e a diminuição de variações volumétricas ocasionadas pela retração (PETRUCCI, 1987).

Devido à escassez de fontes de matérias-primas, resultante do aumento do uso de agregados, motivou as partes interessadas na indústria da construção civil a utilizar os agregados reciclados (LOTIFY & AL-FAYEZ, 2015). A extração das jazidas pode causar também alterações de relevo, destruição de APP's (áreas de preservação permanente), destruição da flora e fauna e alteração dos processos geológicos (SANTOS, 2015).

Pinto (1999), cita como outros problemas decorrentes do descarte inadequado dos entulhos em ambiente urbano o comprometimento da qualidade ambiental e da paisagem local, o impacto na qualidade da drenagem podendo causar enchentes pelo entupimento de bueiros e galerias pluviais, a obstrução de córregos, além de criar um ambiente propício para a proliferação de insetos e animais que prejudicam a saúde humana pela transmissão de doenças.

Além do quesito ambiental, outro fator que justifica a adoção dos agregados reciclados é a questão financeira, pois Ferreira (2017) destaca que a argamassa produzida com 100% de agregados naturais apresenta maior preço para a produção de 1 metro cúbico. Já em argamassas com agregado reciclado, o preço diminui linearmente com o aumento do percentual de substituição, fato também observado por Miranda (2000). É economicamente viável a produção de argamassa com agregados reciclados, haja vista que com essas composições obtiveram-se os menores custos por metro cúbico de argamassa produzida.

Para Ângulo (2005), a análise das propriedades físicas e mecânicas é um importante fator para analisar a viabilidade do uso dos agregados, pois estas propriedades resultam em diferentes trabalhabilidades e resistências, fatores fundamentais a se levar em consideração na produção de concretos e argamassas.

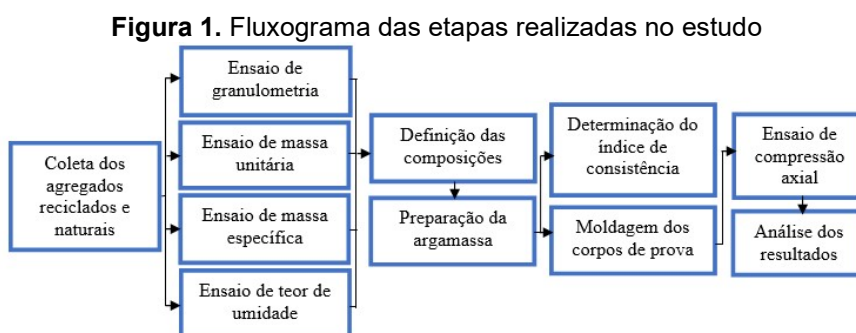
2. OBJETIVO

Analisar a utilização de agregados reciclados em argamassas através da comparação das propriedades físicas e mecânicas dos agregados naturais e reciclados pelos ensaios de granulometria, massa unitária, massa específica e teor de umidade. Além de avaliar a influência da

utilização do agregado miúdo reciclado em argamassas no estado fresco e endurecido, através dos ensaios de consistência pela mesa de abatimento e resistência à compressão axial simples.

3. METODOLOGIA

O estudo englobou a realização de ensaios de caracterização dos agregados naturais e reciclados, a dosagem dos materiais para a moldagem dos corpos de prova de argamassa, a realização do ensaio de compressão axial e a análise dos resultados, todos realizados na Universidade Tuiuti do Paraná. O fluxograma com os procedimentos realizados estão organizados na Figura 1.



Fonte: Autores, 2019.

3.1 Coleta do agregado reciclado miúdo

O agregado reciclado miúdo foi coletado em uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil localizada na Região Metropolitana de Curitiba, Paraná, Brasil, que tem capacidade de processamento instalada de 6.000 m³/mês, dividido em resíduos de composição cerâmica (tijolos, telhas, azulejos) e resíduos de composição cimentícia (resíduos de concreto). A Figura 2 apresenta como o resíduo da construção civil é estocado na usina após seu processamento.

Figura 2. Estocagem do agregado reciclado na usina



Fonte: Autores, 2019.

3.2 Caracterização dos materiais

Para a caracterização das propriedades físicas dos materiais foram realizados os testes de granulometria, massa unitária, massa específica e teor de umidade em ambos os agregados.

A determinação da composição granulométrica dos agregados foi realizada de acordo com a norma NBR NM 248 (ABNT, 2003), onde foram calculadas a porcentagem retida de agregados em cada peneira especificada pela norma. Com o ensaio também foram obtidos o Diâmetro Máximo Característico (DMC) e seu Módulo de Finura (MF). A determinação da massa específica de agregados miúdos foi regida pela norma NBR 9776 (ABNT, 1987), com o auxílio do frasco Chapman. Já a determinação da massa unitária teve como base a norma NBR NM 45 (ABNT, 2006). E para o cálculo do teor de umidade do agregado miúdo foram pesados 100g de cada areia, e o material secado em estufa a 110°C, até a consistência de peso. Após a secagem foi aferido o peso dos materiais. O teor de umidade foi calculado pela razão entre o peso úmido e o peso seco, após a estufa, e dado em porcentagem, como demonstrado na equação 01.

$$\text{Teor de umidade (\%)} = \frac{\text{Peso úmido}}{\text{Peso seco}} * 100 \quad (1)$$

3.3 Definição das composições

Primeiramente foi dosada uma argamassa com agregado natural de 1: 1: 5: 0,8 (cimento : cal : agregado : água), sendo adotado como abatimento requerido o valor de 200 ± 10 mm, em que se utilizou 150g de cimento CII-Z-32, 150g de cal hidratada, 750g de areia natural e 240g de água. O traço foi elaborado em função da metodologia de Campiteli (2004) e como a capacidade máxima da argamassadeira utilizada era de 2,0 kg as quantidades de materiais foram adotados em função desta capacidade máxima. A argamassa foi rodada e verificou-se o índice de consistência através da mesa de consistência, de acordo com a NBR 13276 (ABNT, 2005).

Em seguida foi rodada a argamassa de mesmo traço, 1: 1: 5: 0,8, utilizando agregado reciclado miúdo, sendo 150g de cimento CII-Z-32, 150g de cal hidratada, 750g de areia reciclada e 240g de água, porém a mesma não apresentou trabalhabilidade suficiente, logo foi acrescentado mais água, de forma gradativa, até atingir a trabalhabilidade requerida. A consistência foi atingida ao se adicionar mais 420g de água à mistura, totalizando, 660g. Também se verificou seu índice de consistência através da mesa de consistência, de acordo com a NBR 13276 (ABNT, 2005).

3.4 Preparo da argamassa

A argamassa foi preparada em argamassadeira mecânica, seguindo as especificações da NBR 13276 (ABNT, 2005). Inicialmente foi colocada na cuba toda a quantidade de água, adicionado os aglomerantes e misturado esses materiais em velocidade baixa, durante 30 segundos; após este tempo, e sem paralisar a operação de mistura, iniciou-se a colocação do agregado miúdo (natural ou reciclado), com o cuidado de que todo o material fosse colocado gradualmente durante o tempo de 30 segundos; imediatamente após o término da colocação do agregado miúdo, mudou-se para a velocidade alta, misturando-se os materiais nesta velocidade durante 30 segundos; após este tempo, desligou-se o misturador durante 1 minuto e 30 segundos, nos primeiros 15 segundos, retirou-se, com auxílio de uma espátula, a argamassa que ficou aderida às paredes da cuba e que não foi suficientemente misturada; durante o tempo restante (1 minuto e 15 segundos) a argamassa ficou em repouso na cuba, coberta com pano limpo e úmido; imediatamente após este intervalo, ligou-se o misturador na velocidade alta, por mais 1 minuto.

3.5 Determinação do índice de consistência

O ensaio para determinação do índice de consistência foi realizado conforme a as especificações da NBR 13276 (ABNT, 2005), onde primeiramente foi umedecido o tampo da mesa e o molde; foram executadas 3 camadas com respectivamente 15, 10 e 5 golpes com soquete; em seguida foi realizado o rasamento do topo com movimentos curtos; foi acionado manualmente a manivela 30 vezes (subida e descida) em 30 segundos; realizou-se 3 medições do espalhamento com paquímetro em pontos distribuídos ao longo do diâmetro e por fim o índice de espalhamento foi calculado pela média das três medições. Na Figura 4 é observado a medição do índice de consistência da argamassa, com o auxílio do paquímetro.

Figura 3. Medição do índice de consistência da argamassa



Fonte: Autores, 2019.

3.6 Moldagem dos corpos de prova

A colocação da argamassa nos moldes metálicos de 50x100mm foi realizada com o auxílio de uma espátula; foram executadas quatro camadas de alturas aproximadamente iguais, recebendo cada camada 30 golpes uniformes com o soquete normal, homogeneamente distribuído, de acordo com a norma NBR 7215 (ABNT, 1996).

3.7 Determinação da resistência à compressão axial

O ensaio de resistência compressão axial simples foi utilizado para aferir a resistência mecânica à compressão das argamassas em estudo. Este ensaio foi realizado de acordo com a norma NBR 5739 (ABNT, 2007). A resistência à compressão axial simples (F_c), em MPa, é calculada conforme Equação 04:

$$F_c = \frac{4F}{\pi \times D^2} \quad (4)$$

Em que F é a força máxima alcançada, em newtons e D é o diâmetro do corpo de prova em milímetros.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Propriedades físicas

A Tabela 1 apresenta os resultados de massa unitária do agregado miúdo natural e reciclado. A massa unitária do agregado é a relação entre a massa das partículas de agregado e o volume que elas ocupam, incluindo os vazios internos (poros) e espaços vazios entre os grãos.

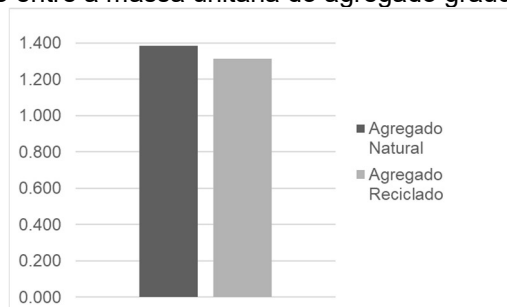
Tabela 1. Resultados de massa unitária dos agregados

AGREGADO NATURAL			AGREGADO RECICLADO		
Massa do recipiente	280	g	Massa do recipiente	280	g
Volume do recipiente	5000	cm ³	Volume do recipiente	5000	cm ³
Massa do recipiente+agregado 1	7580	g	Massa do recipiente+agregado 1	6800	g
Massa do recipiente+agregado 2	7710	g	Massa do recipiente+agregado 2	6900	g
Massa unitária 1	1.364	g/cm ³	Massa unitária 1	1.304	g/cm ³
Massa unitária 2	1.404	g/cm ³	Massa unitária 2	1.324	g/cm ³
Massa unitária média	1.384	g/cm³	Massa unitária média	1.314	g/cm³

Fonte: Autores, 2019.

A Figura 4 apresenta o gráfico comparativo entre as massas unitárias encontradas.

Figura 4. Comparativo gráfico entre a massa unitária do agregado graúdo e agregado reciclado (g/cm³)



Fonte: Autores, 2019.

A massa unitária média de agregado natural foi de 1,384 g/cm³, enquanto a de agregado reciclado foi de 1,314 g/cm³, ou seja, a massa unitária do agregado natural foi 5,3% maior que a do agregado reciclado. Essa diferença se dá pela porosidade do agregado reciclado, este possui uma camada

de argamassa aderida em sua superfície, além de microfissuras derivadas do processo de britagem dos grãos.

Os resultados de massa específica estão descritos na Tabela 2.

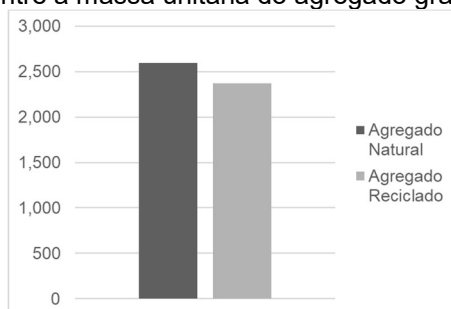
Tabela 2. Resultados de massa específica dos agregados

AGREGADO NATURAL			AGREGADO RECICLADO		
Leitura 1	394	cm ³	Leitura 1	411	cm ³
Leitura 2	391	cm ³	Leitura 2	411	cm ³
Massa específica 1	2,577	g/cm ³	Massa específica 1	2,369	g/cm ³
Massa específica 2	2,617	g/cm ³	Massa específica 2	2,369	g/cm ³
Massa específica média	2,597	g/cm³	Massa específica média	2,369	g/cm³

Fonte: Autores, 2019.

A partir dos resultados foi gerado um gráfico comparativo entre a massa específica do agregado natural e reciclado, conforme visto na Figura 5.

Figura 4. Comparativo gráfico entre a massa unitária do agregado graúdo e agregado reciclado (g/cm³)



Fonte: Autores, 2019.

A massa específica encontrada no agregado reciclado foi de 2,369 g/cm³, já no agregado natural obteve-se 2,597 g/cm³, portanto 9,6% maior que o reciclado. É importante salientar que nenhuma norma brasileira especifica os intervalos de massa específica, pois este resultado depende da composição do material, que difere em cada região do país.

Os autores Bazuco (1999) e Ferreira (2013) apresentaram em seus estudos que a diferença entre massa específica dos agregados reciclados é entre 5% a 10% menor que a de agregados naturais, resultado condizente com o obtido no presente trabalho. No estudo de Carneiro *et al.* (2001), a massa específica dos agregados naturais foi da ordem de 2,59 g/cm³ e 2,19 g/cm³, já em estudos realizados por Khatib (2005), os valores de massa específica foram 2,05 g/cm³ para os agregados reciclados miúdos com cerâmica triturada e 2,34 g/cm³ para os agregados miúdos reciclados provenientes da moagem de concretos. Logo, os resultados encontrados no presente estudo estão próximos da média de outros trabalhos.

A Tabela 3 apresenta os resultados do ensaio de teor de umidade dos agregados naturais e dos agregados reciclados.

Tabela 3. Resultados de teor de umidade dos agregados

AGREGADO NATURAL		AGREGADO RECICLADO	
Massa úmida	100 g	Massa úmida	100 g
Massa Seca	97 g	Massa Seca	89 g
Teor de umidade	3 %	Teor de umidade	11 %

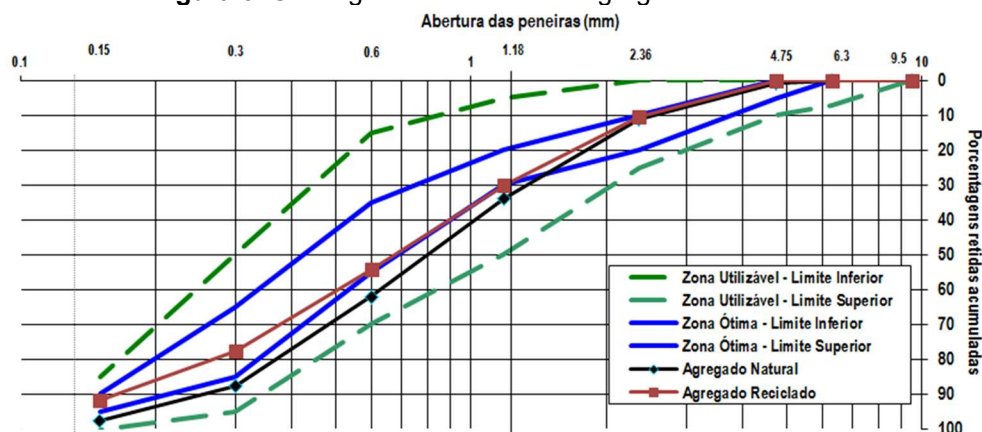
Fonte: Autores, 2019.

O agregado reciclado apresentou um teor de umidade maior quando comparado ao agregado natural. Isso pode ser explicado, pela alta porosidade do agregado reciclado. O resultado observado

é constatado por Pedroso (2008), em que diz que o agregado miúdo reciclado tem uma propriedade maior de absorção de água comparado ao agregado miúdo natural, o qual pode influenciar na relação de água/cimento na dosagem do concreto ou argamassa. De acordo com TAM *et al.* (2006) a absorção de água encontra-se aproximadamente entre 1 e 5 % para os agregados naturais e de 3 a 10% para o agregado reciclado, portanto o agregado natural deste estudo está dentro deste intervalo, já o reciclado apresentou um resultado próximo. O resultado deste trabalho encontra-se dentro do limite de 12% para agregados miúdos reciclados para argamassas, estabelecido pela NBR 15116 (ABNT, 2004).

Nos resultados de granulometria o agregado miúdo reciclado apresentou um módulo de finura de 2,64, sendo caracterizada como areia média, já o agregado miúdo natural apresentou um módulo de finura de 2,93, estando no início dos valores que caracterizam a areia grossa. Ambos os materiais apresentaram a dimensão máxima característica igual de 2,36. Plotando os resultados em um gráfico, obtém-se as curvas granulométricas, conforme Figura 5.

Figura 6. Curva granulométrica dos agregados estudados



Fonte: Autores, 2019.

4.2 Propriedades no estado fresco

As médias dos 3 resultados dos abatimentos de cada uma das argamassas em estado fresco estão descritas na Tabela 4, onde ambos os resultados apresentaram abatimento dentro do adotado para o estudo (200 ± 20 mm).

Tabela 4. Resultados de abatimento das argamassas (em mm)

MEDIÇÃO	AGREGADO NATURAL	AGREGADO RECICLADO
MÉDIA	203	181

Fonte: Autores, 2019.

A argamassa que utilizou agregado natural apresentou um abatimento 12,1% maior, comparado ao agregado reciclado. Conforme observado nas curvas granulométricas o material de finos do agregado reciclado é maior, além de os agregados reciclados possuírem maior porosidade, pelas frações de materiais vermelhos, consumindo mais água e diminuindo a quantidade de água livre presente na mistura. Os agregados reciclados também apresentam forma mais angular e textura mais áspera, diminuindo a trabalhabilidade da argamassa (MEHTA E MONTEIRO, 1994; BRITO, 2003).

4.3 Propriedades no estado endurecido

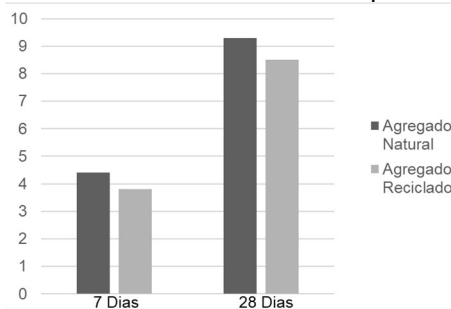
A Tabela 5 apresenta os resultados de resistência média à compressão axial aos 7 e 14 dias dos 6 corpos de prova de argamassa reciclada e dos 6 de argamassa comum, assim como a Figura 7 apresenta graficamente estes resultados. Ambas foram caracterizadas como Classe P6 por apresentaram a resistência mínima de 8MPa, conforme a NBR 13281 (ABNT, 2005).

Tabela 5. Resultados da resistência mecânica dos corpos de prova (em MPa)

CORPO DE PROVA	AGREGADO NATURAL		AGREGADO RECICLADO	
	7 dias	28 dias	7 dias	28 dias
MÉDIA	4.4	9.3	3.8	8.5

Fonte: Autores, 2019.

Figura 7. Gráfico dos resultados de resistências à compressão das argamassas (MPa)



Fonte: Autores, 2019.

Observou-se que a resistência mecânica aos 7 dias da argamassa com agregado natural apresentou uma resistência 15,7% maior, enquanto aos 28 dias apresentou uma resistência 9,4% maior, comparada a argamassa rodada com agregado reciclado. Um dos fatores para essa redução de resistência é a compensação de água feita para melhorar a trabalhabilidade da argamassa reciclada. Segundo Malta *et al.* (2013) o processo de compensação pode gerar um impacto na redução da resistência à compressão axial devido à maior presença de água e, conseqüentemente, contribuir para a formação de poros maiores, deixando a mistura menos estruturada.

5. CONCLUSÃO

Analisando os resultados obtidos nos ensaios laboratoriais é possível concluir que a utilização de agregados miúdos reciclados para a confecção de argamassas é uma alternativa interessante, visto que a resistência das argamassas confeccionadas com 100% de agregado reciclado ficou muito próxima da argamassa com agregado natural, pois o agregado reciclado miúdo teve uma melhor distribuição granulométrica, ficando dentro da zona ótima, apresentando um elevado valor de empacotamento, quando comparado ao agregado natural, caracterizado neste trabalho. Uma medida a ser adotada para melhores resultados é a utilização de aditivos superplastificantes na confecção de argamassas recicladas, haja vista a considerável quantidade a mais de água adicionada para se atingir a trabalhabilidade desejada, a qual provocou a perda de resistência. Com relação à comparação entre os agregados naturais e os reciclados, as maiores diferenças foram observadas no teor de umidade, que foi, aproximadamente, 4 vezes maior no agregado reciclado, tal fato pode ser explicado pela grande quantidade de argamassa aderida ao material reciclado, bem como as suas elevadas taxas de porosidade.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Tuiuti do Paraná por disponibilizar os laboratórios do curso de Engenharia Civil para os ensaios e seu apoio e incentivo à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2010**. Abrelpe, 2011.

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

_____ **NBR 7215**: Determinação da resistência à compressão, Rio de Janeiro, 1996.

_____ **NBR 9776**: Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman - 1.ed. Rio de Janeiro, 1987.

_____ **NBR 13276**: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

_____ **NBR 13281**: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____ **NBR 15116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

_____ **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

_____ **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ÂNGULO, S. C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos**. Tese de doutorado – Universidade de São Paulo (USP) – São Paulo. 2005.

BAZUCO, R.S., **Utilização de agregados reciclados de concreto para a produção de novos concretos**, Dissertação M.Sc., Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

BRASIL. Decreto nº 12.305, de 02 de ago. de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**, Brasília, DF, ago 2017.

Brito, J. de, **Agregados Reciclados e sua Influência nas Propriedades dos Betões**, In: Seminário Novos Desenvolvimentos do Betão, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2003.

CARNEIRO, A. P. et al. **Características do entulho e do agregado reciclado**. In: CASSA, J. C. S.; CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S. (Org.). Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção – Projeto Entulho Bom. Salvador: EDUFBA/Caixa Econômica Federal, 2001. 311 p.

EPA. **Environmental Protection Agency**. Disponibilizado em: <<http://www.epa.gov>> Acessado em julho de 2014.

FERREIRA, E.T., **Contribuição ao estudo do potencial de aproveitamento de agregados reciclados de RCC produzidos na Usiben - João Pessoa - em concreto estrutural aplicado em lajes pré-moldadas**, Tese D.Sc., Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

FERREIRA, R. L. S. **Efeitos da incorporação de areia reciclada de resíduos de construção e demolição (RCD) em argamassas mistas de revestimento.** 2017. 149f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** São Paulo, 2000. 102p. Tese (livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

KHATIB, J. M. **Properties of concrete incorporating fine recycled aggregate.** Cement and Concrete Research, [S.l.], n. 35, p. 763-769, 2005.

KIBERT, C. J.; SENDZIMIR, J.; GUY, G.B. **Construction ecology and metabolism.** In: CIB Symposium In Construction And Environment: Theory Into Practice, 2000.

LEVY, S.M. **Reciclagem de entulho de construção civil para utilização como agregado de argamassas e concreto.** 145p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

LOFTY, A. AI-FAYEZ, M. **Performance evaluation of structural concrete using controlled quality coarse and fine recycled concrete aggregate.** Cement and Concrete Composites, Volume 61, pp36- 43. 2015.

MALTA, J. O.; SILVA, V. S.; GONÇALVES, J. P. **Argamassa contendo agregado miúdo reciclado de resíduo de construção e demolição.** GESTA, v.1, n.2, 2013.

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

MIRANDA, L. F. R., **Estudo de fatores que influem na fissuração de revestimentos de argamassa do entulho reciclado.** 170 f. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo (2000).

MONTEIRO, J.H.P. *et al.* **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.** Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

PEDROSO, R. F. E. **Influência da substituição do agregado miúdo natural por agregado reciclado fino em propriedade de argamassa e concretos,** Florianópolis 2008.

PETRUCCI, E.G. R. **Concreto de Cimento Portland.** Rio de Janeiro: Globo, 1987.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** São Paulo, 1999. 189p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SANTOS, A. **Extração mineral de areias e seus impactos na territorialidade socioambiental: o caso de Feira de Santana – BA.** VII Seminário Internacional Dinâmica Territorial e Desenvolvimento Socioambiental. Salvador – BA. 2015.

TAM, V. W. Y.; GAO, X. F.; TAM, C. M.; CHAN, C. H. **New approach in measuring water absorption of recycled aggregates.** Construction and Building Materials. Article in press, 2006.

CAMPITELI, V.C. **Concreto de Cimento Portland: um método de dosagem.** Revista de Engenharia Civil da Universidade do Minho. Minho, Portugal. N.º 20, p. 5-16 mai/04.