

**ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E
AMBIENTAL DE RESÍDUOS CERÂMICOS DE CONSTRUÇÃO E
DEMOLIÇÃO NA CONFECÇÃO DE ARGAMASSAS,
CONCRETOS E PAVIMENTAÇÃO**

**STUDY OF THE TECHNICAL, ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL
VIABILITY OF CERAMIC WASTE OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION
IN THE MANUFACTURE OF MORTARS, CONCRETE AND PAVING WORKS**

SANTOS, Guilherme Peres¹; MELLO, André Felipe Aparecido²;

¹ Discente do curso de Engenharia Civil da UFGD – Dourados-MS;

² Docente do curso de Engenharia Civil da UFGD – Dourados-MS;

guilherme77peres@gmail.com ¹; AndreMello@ufgd.edu.br ²;

RESUMO – Sendo a construção civil uma atividade econômica que gera uma quantidade significativa de resíduos sólidos, adotar práticas que otimizem a gestão desses resíduos é inerente a este setor. O aproveitamento dos materiais cerâmicos inutilizados nos processos de construção e demolição se apresenta como uma excelente alternativa a fim de reduzir os problemas ambientais e proporcionar vantagens econômicas para a engenharia civil. Análises laboratoriais de da aplicação da cerâmica reciclada foi o método mais eficaz na obtenção e visualização do comportamento do concreto composto por este material. Com resultados positivos, de uma forma geral, o uso do agregado reciclado em reaplicações na construção civil torna-se uma prática perfeitamente viável.

Palavras-chave: *RCD; cerâmica; resíduos.*

1. INTRODUÇÃO

Assim como nos diversos setores industriais, a construção civil deve estar em constante desenvolvimento no que diz respeito ao tratamento de resíduos gerados em seus processos produtivos. As decisões a serem tomadas quanto à manipulação dos resíduos gerados devem se mostrar de acordo com os três pilares da sustentabilidade, sendo eles: econômico, ambiental e social.

É perfeitamente notável a grande quantidade de entulho produzido em obras da construção civil, sendo este fenômeno proporcional ao tamanho de cada empreendimento. Ulsen et al. (2014) apontam duas consequências positivas no reaproveitamento de resíduos sólidos na construção civil: a primeira é o fato de evitar o consumo excessivo de agregados naturais e a segunda é uma diminuição na demanda por áreas de aterros que se encontram escassas no Brasil.

Evidentemente, um estudo de reaproveitamento de resíduos de construção e demolição (RCD) deve levar em conta alguns pontos essenciais para sua execução. Dentre eles podemos citar a viabilidade no uso de RCD como material de composição para a produção de concretos e argamassas, de modo que os custos sejam reduzidos e as práticas de obtenção, manipulação e

aplicação desses resíduos não apresentem grandes dificuldades.

Segundo Araújo et al. (2016), alguns problemas desencadeados pela destinação inadequada dos RCDs são o esgotamento de aterros sanitários, obstrução dos sistemas de drenagem urbana e a proliferação de vetores e transmissores de doenças. Além disso, agrava a contaminação das águas subterrâneas devido à infiltração de substâncias tóxicas no solo.

Reaplicar em obras da construção civil os resíduos de construção e demolição tornou-se uma ótima opção para minimizar os diversos problemas gerados pelos mesmos. Desta forma, analisar suas propriedades no intuito de verificar seu comportamento se mostra imprescindível para determinar a viabilidade técnica desta prática, neste caso, em relação aos materiais cerâmicos, especificamente.

Infelizmente, muitos locais recebem resíduos gerados de maneira irregular, implicando em problemas que recaem sobre os aspectos do item 5.2.1 citados anteriormente.

Newell (2010) afirma que, pelo fato de os materiais cerâmicos, como os abrasivos, vidros, cimentos, refratários, argilas estruturais, louças brancas e cerâmicas avançadas, não sofrerem os efeitos da corrosão, sua vida útil é bastante extensa em comparação com outros materiais. Todavia,

esta mesma propriedade torna muito difícil sua reciclagem, com a exceção do vidro. A maior parte dos outros materiais cerâmicos é descartada em aterros municipais. Porém, algumas iniciativas têm surgido para substituir a simples prática do descarte. Abrasivos e louças brancas são casos de cerâmicas que vêm passando por recentes processos de reciclagem.

A construção civil, por apresentar indicadores elevados em relação ao descarte de rejeitos, muitas vezes inadequados, exige uma atenção muito detalhada quanto ao planejamento e processamento destes rejeitos. É função dos profissionais atuantes na indústria da construção administrar os impactos ambientais gerados por este setor.

Existe também a preocupação com a questão econômica no uso de agregados reciclados. Pois isso reduziria o custo de transporte, separação e deposição destes materiais em aterros que atendam satisfatoriamente às especificações quanto ao tratamento de resíduos.

A escolha do tema se deu, principalmente, pela grande preocupação com as questões ambientais que devem sempre estar em pauta quando se trata de qualquer processo para o desenvolvimento de uma sociedade.

O principal objetivo deste trabalho é a determinação da viabilidade técnica da aplicação de agregados reciclados na

confecção de argamassas e elementos de concreto sem função estrutural e em obras de pavimentação. Junto a isso, será feita uma análise que determine seu custo-benefício. Por fim, será avaliado o impacto que esta prática gera no meio ambiente, apontando suas potenciais vantagens.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A NBR 15114/2004 em seu item 4.1 classifica os resíduos da construção e demolição como resíduos CLASSE A. Além disso, estabelece em seu item 5.2.1 que os espaços destinados a receber os resíduos devem se adequar aos aspectos relacionados à hidrologia, vegetação e as vias de acesso.

2.1. ARGAMASSAS DE AGREGADO RECICLADO

As argamassas são aglomerantes obtidos pela combinação de cimento, água, cal e agregado miúdo em quantidades adequadas, sendo necessária uma seleção cuidadosa em relação à granulometria. Uma das propriedades fundamentais da argamassa é o seu índice de consistência, cujo ensaio de determinação exige um conjunto de equipamentos não disponíveis nas instalações da UFGD. Desta forma, experimentos já realizados serão utilizados como referência.

Mendes e Borja (2007) realizaram um estudo de viabilidade da adoção de resíduos de cerâmica vermelha, provenientes da

quebra ou empena de telhas, para análise de seu comportamento como agregado na produção de argamassa de revestimento. A Tabela 2 fornece os três traços adotados como referência para o estudo.

Tabela 1. Traços de estudo

MATERIAIS	TRAÇO (GRAMAS)		
	TR 1	TR 2	TR 3
Cimento	121,00	141,50	130,50
Cal	107,00	127,50	116,50
Areia	1165,00	1165,00	1165,00
Água	240,00	240,00	240,00

FONTE: MENDES; BORJA (2007)

2.2. CONCRETOS DE AGREGADO RECICLADO

O estudo do concreto produzido à base de agregado reciclado foi associado à viabilidade de execução de obras de pavimentação. Sendo analisada a propriedade correspondente à resistência à compressão do material estudado e suas aplicações em potencial na construção civil e, posteriormente, em obras de pavimentação e a(s) respectiva(s) cargas de tráfego que as mesmas podem suportar.

2.3. APLICAÇÕES EM CONCRETO

O uso de agregados à base de cerâmica reciclada deve considerar algumas especificações que certifiquem seu desempenho de forma aceitável. Para a execução de elementos de estrutura de concreto, por exemplo, a NBR 6118/2014 estabelece que a resistência à compressão dos

elementos de concreto deve ser no mínimo de 20 MPa.

Outras aplicações para fins não estruturais são recomendadas pela NBR 15116/2004. Portanto, verificar as propriedades dos concretos produzidos seguindo a dosagem adotada nesta metodologia visará também a confirmação da possibilidade de aplicação de materiais cerâmicos como agregados para concretos não estruturais.

2.4. APLICAÇÕES EM OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO

A NBR 9781/2013 estabelece que agregados reciclados podem ser empregados na execução de peças de concreto para pavimentação. Entretanto, a resistência à compressão mínima para esta aplicação é de 35 MPa, enquanto o traço do concreto adotado por esta metodologia visa uma resistência de 25 MPa.

Entretanto, Mattias e Cavalcante (2015), obtiveram um resultado positivo quanto à fabricação de blocos de pavimentação utilizando uma substituição de até 30% da areia por pó de entulho, envolvendo uma combinação de material cimentício e material cerâmico.

2.5. VANTAGENS ECONÔMICAS

Segundo Filho, Storopoli e Duarte (2014), a região Centro-Oeste se destacou

com o maior índice de coleta de resíduos da construção civil *per capita*, cerca de 0,966 Kg/hab/dia, sendo 94% dessa composição, produzida no estado de Goiás, cerâmica comum ou polida. Na época, três empresas na cidade de São Paulo foram consultadas a respeito do custo do tratamento do material reciclado, os fatores considerados foram: a) custos de remoção e transporte dos resíduos, b) taxas de deposição cobradas pelo aterro e; c) homogeneidade dos resíduos transportados. O terceiro item pode ser reduzido ao mínimo custo com a adoção de práticas de separação dos materiais rejeitados, para que os operários responsáveis pela execução das obras recebam treinamento que incentive esta prática, juntamente com a implantação de instalações que cumpram a função de separação dos resíduos.

Santos et al. (2015), em seu estudo de avaliação de custos de emprego de RCD, constataram um valor equivalente, no período, a R\$ 23,00/m³ de agregado reciclado puro em Joinville, Santa Catarina.

2.6. VANTAGENS AMBIENTAIS

Não existe uma proporção fixa de material cerâmico que é depositado nos aterros, visto que a quantidade de cada material se dá em função do tipo de obra e dos materiais especificados para a mesma.

Entretanto, Araújo et al (2016) afirmam que a falta de locais adequados para o descarte de resíduos da construção civil deveria ser um fator que influencia na promoção e patrocínio às pesquisas de reciclagem do RCD.

Costa e Favini (2008) também destacam a falta de local adequado para a destinação de resíduos da construção civil, sendo esse o principal motivo de preocupação para os pesquisadores de diversas áreas. Aponta, também, os danos ambientais resultados pelos processos de extração de agregados naturais, como erosão, destruição em ecossistemas subterrâneos, poluição do lençol freático, entre outros, e que podem ser reduzidos pela substituição parcial de agregados convencionais por reciclados.

Silva et al. (2015) apontam a baixa da qualificação da mão de obra, técnicas construtivas de pouca tecnologia que empregue princípios de racionalização, falhas nos métodos de transporte dos materiais e excesso de geração de materiais e embalagens como os principais fatores para a geração de resíduos nos canteiros de obra. Desta forma, a implementação de práticas que atuem na prevenção desse acúmulo de rejeitos deve ser a prioridade quanto ao problema ambiental na construção civil, para que os esforços voltados para o tratamento de reciclagem sejam minimizados de modo eficaz.

3. METODOLOGIA

O método de estudo baseou-se em ensaios experimentais em laboratório, seguindo as especificações das normas que regem o estudo de materiais para sua aplicação na fabricação de concretos, auxiliado por uma consulta a materiais bibliográficos previamente selecionados.

Deve ser considerada a alta porosidade presente nas cerâmicas vermelhas. A presença dos poros ocasiona a retenção de água, influenciando na quantidade total de presente na dosagem. Malta, Silva e Gonçalves (2013) destacam a importância da compensação da quantidade de água na dosagem para que a mesma ocupe os espaços vazios presente no material reciclado no momento da dosagem.

O método adotado para compensar essa absorção foi a imersão do agregado cerâmico em água por um período mínimo de 24 horas, de modo que sua inserção na mistura do concreto ocorra logo após a sua retirada da água.

Um importante parâmetro que deve ser considerado é a massa específica dos agregados. Foi o realizado ensaio laboratorial para obtenção desta propriedade seguindo as especificações da NM 52/2009. Os resultados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Massa específica dos materiais em kg/dm^3

Cimento	3,10
Brita	2,86
Areia	2,62
Cerâmica vermelha	2,05
Água	1,00

Fonte: SANTOS (2018)

3.1. MÉTODO DE DOSAGEM

Ribeiro, Pinto e Starling (2013) adotaram um método de dosagem para fornecer a resistência em função da relação água-cimento. Estabelecendo as seguintes etapas para a obtenção do traço desejado:

- a) Determinação da resistência de dosagem: adotado o valor de 25 MPa.
- b) Fixação da relação água-cimento: para o cimento Portland do tipo CII 32-E, foi estabelecida a relação $a/c = 0,64$.
- c) Determinação da quantidade de água: considerando a dimensão máxima do agregado graúdo 9,5 mm e o abatimento do concreto entre 8 e 10 mm, o consumo de água é de 230 dm^3 .
- d) Determinação do consumo de cimento: para um consumo de 230 dm^3 de água por m^3 de concreto uma relação $a/c = 0,64$, o consumo de cimento calculado foi de 359,38 Kg.
- e) Determinação do consumo de agregado graúdo: com o ensaio de massa unitária compactada, foi obtido um valor de $1666,67 \text{ Kg}/\text{m}^3$ e um volume compactado seco de $0,635 \text{ m}^3$ para uma dimensão

máxima de agregado graúdo de 9,5 mm e um módulo de finura do agregado miúdo de 1,9. Sendo assim, o consumo de brita por m³ de concreto é de 1058,34 Kg.

- f) Cálculo do consumo de agregado miúdo: primeiramente calcula-se o volume de areia de acordo com a massa específica e o consumo de cada material através da equação 1:

$$V_{areia} = 1000 - \left(\frac{C_{cim}}{\gamma_{cim}} + \frac{B_{brita}}{\gamma_{brita}} + \frac{A_{agua}}{\gamma_{agua}} \right) \quad (1)$$

sendo adotado os valores de massa específica representados na Tabela 2. Com isso, calculou-se um volume de areia igual a 283,98 dm³. Adotando o valor de massa específica deste material, calculou-se quantidade de areia igual a 744,03 Kg por m³ de concreto.

- g) Consumo de materiais: para o consumo de material por m³ de concreto foi calculada a proporção 359,38 : 744,03 : 1058,34 : 230 (cimento : brita : areia : água).
- h) Cálculo do traço unitário: pela conversão em traço unitário obteve-se: 1 : 2,07 : 2,94 : 0,64.

A porcentagem de substituição do agregado miúdo adotada se limitou a 5% em relação à quantidade total do mesmo no traço inicial. A Tabela 4 apresenta a comparação dos traços com a substituição da areia pelo RCD cerâmico. A moldagem de corpos de prova para submissão ao ensaio de resistência à compressão foi realizada para determinar a possível aplicação de agregados reciclados em

concreto estrutural, sendo moldados 4 corpos de prova para cada traço.

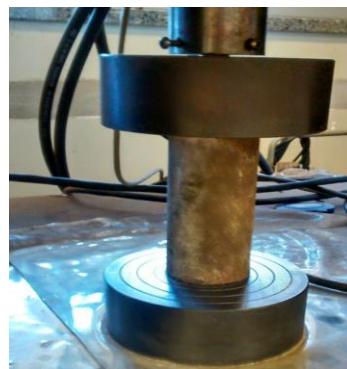
Tabela 3. Traço de substituição em relação ao traço de referência

TRAÇO DO CONCRETO				
Traço	Cimento	Areia	Brita	RCD cerâmico
Referência	1	2,07	2,94	-
RCD 5%	1	1,97	2,94	0,1

Fonte: SANTOS (2018)

As imagens a seguir ilustram os corpos de prova durante e após o ensaio de resistência à compressão.

Figura 1. Corpo de prova durante o ensaio de resistência



Fonte: SANTOS (2018)

Figura 2. Corpos de prova após o ensaio de resistência



Fonte: SANTOS (2018)

4. RESULTADOS OBTIDOS

4.1. VIABILIDADE TÉCNICA

Primeiramente, deve-se classificar o desempenho dos materiais resultantes da substituição parcial de agregado natural pelo reciclado do ponto de vista técnico.

De acordo a norma, o módulo da diferença entre as aferições não deve ser superior a $0,05 \text{ g/cm}^3$. Desta forma, a massa específica é adotada pela média entre as determinações, sendo o valor adotado de $2,055 \text{ g/cm}^3$.

4.1.1. DESEMPENHO DAS ARGAMASSAS

Dentre os três traços apresentados na Tabela 1, o segundo foi o que apresentou características mais propícias para a realização do estudo, sendo adotado como dosagem de teste. Foram feitas quatro dosagens com a substituições em 5%, 10%, 15% e 20% da massa de cal por cerâmica vermelha reciclada. A Tabela 2 quantifica as massas dos materiais após as substituições. Foi utilizado cimento Portland tipo CII Z-32.

Tabela 4. Materiais utilizados no traço de argamassa com resíduo

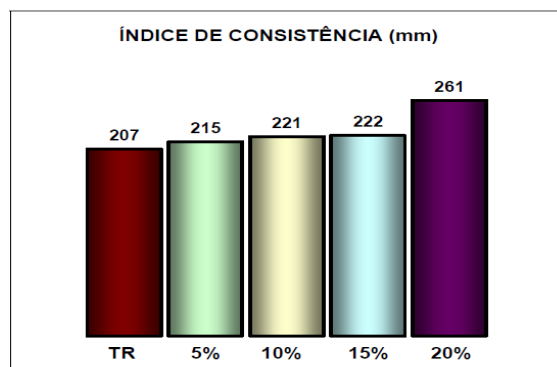
MATERIAIS	TRAÇOS COM ADIÇÃO DE RCV (GRAMAS)			
	5%	10%	15%	20%
Cimento	141,50	141,50	141,50	141,50
Cal	121,12	114,75	108,38	102
Areia	1165	1165	1165	1165
RCV	6,38	12,75	19,13	25,50
Água	240	240	240	240

Fonte: MENDES; BORJA (2007)

Após a preparação das argamassas foram avaliados o índice de consistência, teor

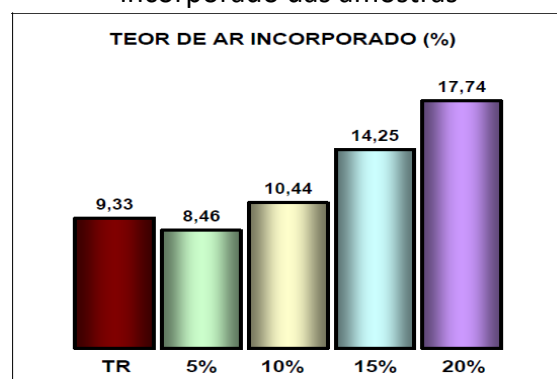
de ar incorporado e densidade de massa. Os gráficos a seguir apresentam os resultados das verificações dos traços e a comparação dos mesmos em relação ao traço inicial, sem a substituição parcial por cerâmica vermelha.

Figura 3. Gráfico da avaliação do índice de consistência das amostras



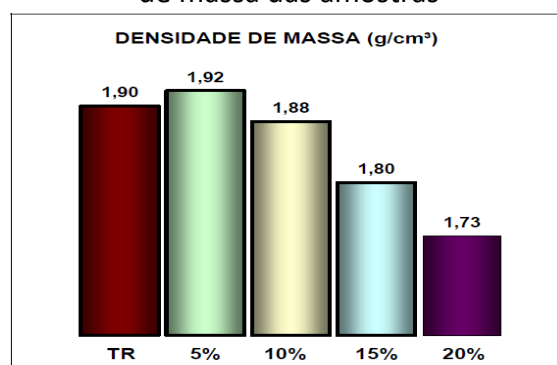
Fonte: Mendes e Borja (2007)

Figura 4. Gráfico da avaliação do teor de ar incorporado das amostras



Fonte: MENDES; BORJA (2007)

Figura 5. Gráfico da avaliação da densidade de massa das amostras



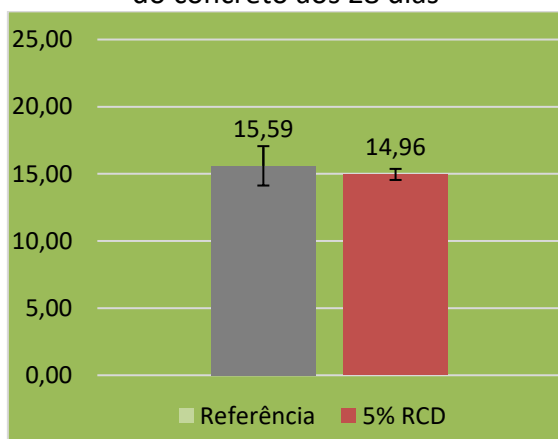
Fonte: MENDES; BORJA (2007)

Após os testes realizados, concluímos que as argamassas apresentam maior índice de consistência em relação ao traço de referência. O teor de ar incorporado é maior nos traços de 10%, 15% e 20%, havendo, porém, uma redução no traço de 5%. Como consequência, a densidade aumenta ao passo em que o teor de ar incorporado diminui, pois há uma redução do volume. Por fim, o resultado mais importante observado foi uma melhora visual na coesão da argamassa com substituição da cal por resíduos cerâmicos.

4.1.2. DESEMPENHO DO CONCRETO

Em relação ao concreto, foi identificado um problema na máquina de ensaio de resistência à compressão. A leitura das cargas aplicadas nas amostras não condiz com a carga real, sendo constatada uma falha na calibragem da máquina. Os resultados, cujo valor esperado era próximo a 25 MPa, estão presentes no gráfico a seguir.

Figura 6. Gráfico da resistência à compressão do concreto aos 28 dias



Fonte: SANTOS (2018)

Desta forma, não é possível afirmar com precisão se o concreto com agregado reciclado pode ser designado para funções estruturais. Entretanto, uma ressalva deve ser feita, o traço piloto moldado de acordo com as especificações e dentro das normas apresentou um valor totalmente divergente do valor já esperado. Foi observado também, um desvio padrão muito diferente entre as amostras de concreto convencional utilizado como referência e o concreto com substituição por RCD a 5%, sendo o concreto de agregado reciclado um material notavelmente mais uniforme, sendo os desvios padrão registrados do concreto convencional e com agregado reciclado de 1,46 e 0,41, respectivamente.

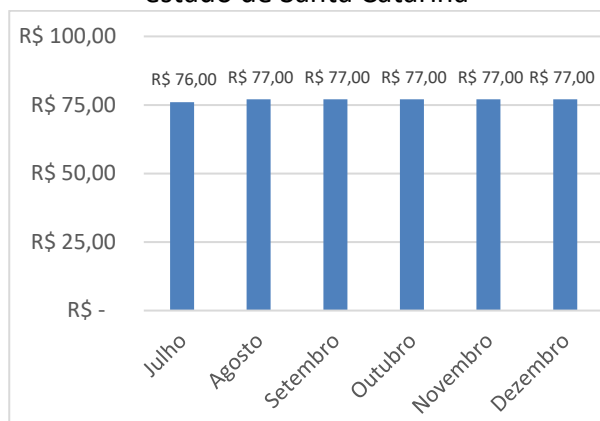
4.1.3. DESEMPENHO DO PAVIMENTO DE CONCRETO

Dois dos três lotes avaliados por Mattias e Cavalcante (2015) apresentaram resistência igual ou superior a 35 MPa, como é recomendado minimamente. Desta forma, é perfeitamente possível a aplicação de material cerâmico em obras de pavimentação de blocos de concreto, desde que seja adotada uma dosagem que vise a resistência mínima de 35 MPa, ou seja, para a execução de pavimentos voltados para o tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha, segundo o item 5.4 desta mesma norma.

4.2. VIABILIDADE ECONÔMICA

Um estudo comparativo de custos da areia como agregado natural em relação ao valor de compra da cerâmica reciclada levantado por Santos et al. (2015) no mesmo período e mesma região, o resultado obtido se encontra na Figura 5.

Figura 7. Custo por m³ de areia média no estado de Santa Catarina



Fonte: SINAPI, Santa Catarina (2014)

É notável o valor significativamente maior do agregado natural por unidade de volume em relação ao agregado reciclado. Além disso, o fato de aproveitar o resíduo descartado proporciona uma redução nos custos de coleta, transporte e deposição do mesmo em aterro, uma vez que o preço é diretamente proporcional ao volume de material tratado. Uma observação que deve ser feita é de que o custo do agregado natural para este período não considerou o valor do frete.

De acordo com o levantamento de setembro de 2018, realizado pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da

Construção Civil (SINAPI), o custo da pedra britada Nº 5 no estado do Mato Grosso do Sul é de R\$ 61,30/m³. A mesma fonte revela um custo de R\$ 36,25/m³ para o agregado reciclado de mesma granulometria. Entretanto, este valor se aplica ao agregado cinza tipo rachão reciclado.

4.3. VIABILIDADE AMBIENTAL

Tessaro, Sá e Scremin (2012) realizaram um estudo no município de Pelotas, RS, no ano de 2009 referente à quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição. O relatório fornecido pela Sanep (Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas) informou que a média mensal de resíduos sólidos urbanos depositados no aterro municipal foi de 7685 toneladas, sendo 2340,86 toneladas (30,46%) referentes ao RCD, o que implica em uma sobrecarga significativa destes locais de disposição final. Com isso, fica evidente que quaisquer métodos de redução de rejeitos da construção depositados em aterros tornam-se excelentes alternativas do ponto de vista ambiental, não sendo diferente com a reaplicação dos mesmos em novos processos.

5. CONCLUSÕES

Os valores observados na resistência do concreto com substituição parcial de agregado miúdo por cerâmica apresentaram-

se próximos aos do traço piloto. Além disso, futuros estudos complementares que determinem o comportamento de estruturas de concreto frente a outros tipos de solicitações devem ser realizados para que se corrobore a utilização de RCD neste tipo de aplicação.

Já no caso de aplicação em blocos de pavimentação, o método de dosagem deve visar uma resistência mínima de acordo com as especificações técnicas. Para que isso ocorra, são necessárias alterações nos procedimentos apresentados no item 4.3. Estudos já realizados anteriormente forneceram resultados favoráveis à substituição do agregado natural por reciclados, fazendo com que essa análise seja digna de atenção para novas pesquisas voltadas para essa área.

Além disso, deve-se ressaltar os benefícios significativos dos pontos de vista ambiental e econômico. Ambientalmente, a prática da reciclagem reduz os impactos ambientais, tanto na diminuição de processos para a extração de agregados naturais, como na redução do descarte inadequado dos resíduos nos aterros. Quanto ao fator econômico, o benefício proporcionado é ainda mais notável, pois apresenta uma grande redução nos custos de obtenção do agregado reciclado em comparação ao agregado natural.

Para que haja uma efetivação na elaboração de um sistema de práticas que envolva todos os processos de tratamento do RCD, desde a captação dos rejeitos até a sua reaplicação nas obras de engenharia civil, é necessário, principalmente, um incentivo por parte do governo, beneficiando as empresas que adotem tais práticas para a contribuição na construção de uma sociedade mais limpa e sustentável. As lideranças das construtoras e incorporadoras também devem se portar de forma mais responsável quanto ao tratamento dos resíduos produzidos durante seus respectivos empreendimentos.

Cabe também aos cidadãos conscientizarem-se da importância da adoção de práticas mais sustentáveis durante o dia a dia, pois a adoção de medidas mais sustentáveis em um único setor, pode incentivar outros, de uma forma geral.

Desta forma, estudos futuros que disponham de equipamentos mais adequados podem validar a suposição de que a substituição em pequenas quantidades de agregado natural por cerâmica reciclada pode desempenhar função estrutural, sendo necessários ensaios que atestem a resistência aos diversos esforços aos quais uma estrutura deve resistir, e não somente à compressão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais e irmãos pelo apoio, dedicação e

incentivo em meu crescimento acadêmico. Ao corpo docente do curso de engenharia civil, especialmente ao meu orientador, pelos conhecimentos transmitidos ao longo do curso. Agradeço também aos meus amigos que contribuíram direta e indiretamente com o desenvolvimento deste trabalho e estiveram presentes durante o período de graduação.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, D. L.; FELIX, L. P.; SILVA, L. C.; dos SANTOS, T. M. **Influência de agregados reciclados de resíduos de construção nas propriedades mecânicas do concreto**. REEC, Goiânia, v.11, n. 1, p. 16-34, dez. 2015 – jun. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projetos de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio**. Espírito Santo, 2013.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro, 2003.

BRASIL. **Resolução Nº 307, de 5 de julho de 2002. Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Publicada na DOU nº 136, 17 jul. 2002. p. 95-96.

COSTA, J. S.; FAVINI, A. C.; **Resíduo de cerâmica vermelha como agregado alternativo para construção civil**. In: JORNADA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA DA REGIÃO CENTRO OESTE, 2, de 29 a 31 de outubro, 2008, Cuiabá: CEFET.

FILHO, J. A. P.; STOROPOLI, J. H.; DUARTE, E. B. L.; **Viabilidade Econômica da Utilização de**

Resíduos de Demolição Reciclados na Execução do Contrapiso de um Edifício Localizado na Zona Leste da cidade de São Paulo. REGET, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 928-943, mai-ago. 2014.

MALTA, J. O.; SILVA, V. S.; GONÇALVES, J. P. **Argamassa contendo agregado miúdo reciclado de resíduos de construção e demolição.** GESTA, Salvador, v. 1, n. 2, p. 176-188, nov. 2013.

MATTIAS, L. W. A.; CAVALCANTE, J. P.; **Blocos de pavimentação urbana provenientes de resíduos da construção civil.** In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, de 15 a 18 de setembro, 2015, Fortaleza.

MENDES, B. S.; BORJA, E. V. **Estudo experimental das propriedades físicas de argamassas com adição de resíduos de cerâmicas vermelhas recicladas.** HOLOS, Natal, v.3, p. 43-51, mai. 2008.

NEWELL, J. A. **Fundamentos da Moderna Engenharia e Ciência dos Materiais.** 1. Ed. Nova Jersey: LTC, 2010.

RIBEIRO, C. C; PINTO, J. D. S; STARLING, T. **Materiais de Construção Civil.** 4. ed. Belo Horizonte: EdUFMG, 2013.

SANTOS, A. G.; TEIXEIRA, R. W.; MELLO, E. A.; TEIXEIRA, J. **Avaliação do custo de construção de uma estrutura de pavimento empregando agregado reciclado de RCD.** REEC, Joinville, v. 10, n. 1, p. 1-13, abr. 2015.

SILVA, O. H.; UMADA, M. K.; POLASTRI, P.; NETO, G. A.; ANGELIS, B. L. D.; MIOTTO, J. L.; **Etapas do gerenciamento de resíduos da construção civil.** REGET, Maringá, v. 19, p. 39-48, 2015.

TESSARO, A. B.; SÁ, J. S.; SCREMIN, L. B.; **Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 121-130, abr-jun. 2012.

ULSEN, C.; KAHN, H.; ÂNGULO, S. C; JOHN, V. M; HAWLITSCHKEK, H. **Separabilidade de agregados reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição de diferentes origens.** HOLOS, v. 3, Ed. Especial, p. 341-348, jul. 2014.