

POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DO RCD NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE ARGAMASSAS PARA REVESTIMENTO

*Potential for using of the CDW in the mechanical properties of mortars for coating*

Jady Marques Lima<sup>1</sup>, Fábio Pereira Fagundes<sup>2</sup>.

**Resumo:** O volume de resíduos de construção e demolição (RCD) gerados todos os anos cresce exponencialmente, sendo a construção civil a maior responsável pela sua produção. A reciclagem desse material se apresenta como a melhor alternativa para reduzir o impacto ambiental causado. Com base nesse contexto, este estudo avalia as propriedades mecânicas da argamassa para revestimento frente à substituição parcial do agregado miúdo por RCD, de forma a contribuir com a redução da exploração de jazidas minerais para extração de recursos naturais não-renováveis e a ampliação da vida útil dos aterros. Em paralelo, mapear por modelagem fatorial a relação inerente ao fator água/cimento e concentração de RCD utilizado, de forma a entender o sinergismo causado por esse material na argamassa. Observou-se que a região compreendida entre 18 e 24% de RCD em associação com o menor fator a/c foi responsável por valores de resistência à compressão próximos a 20 MPa e que 10% de RCD e 0,60 de fator a/c foi responsável por apresentar o índice de consistência (255 mm) e de resistência à aderência (0,58 MPa) dentro dos valores pré-estabelecidos pela norma. Dessa forma, o RCD apresenta potencial para uso em argamassa para revestimentos, dadas suas propriedades físicas e mecânicas, além de representar uma alternativa sustentável, de baixo custo e ambientalmente correta.

**Abstract:** The volume of construction and demolition waste (CDW) generated every year grows exponentially, with civil construction being the largest responsible for its production. Recycling this material is the best alternative to reduce the environmental impact caused. Based on this context, this study evaluates the mechanical properties of mortar for coating in the face of partial replacement of fine aggregate by CDW, to contribute to the reduction of the exploitation of mineral deposits for the extraction of non-renewable natural resources and the extension of life usefulness of landfills. In parallel, map the relationship inherent to the water/cement factor and concentration of CDW used by factorial modeling, to understand the synergism caused by this material in the mortar. It was observed that the region between 18 and 24% of CDW in association with the lowest a/c factor was responsible for compressive strength values close to 20 MPa and that 10% of CDW and 0.60 of w/c factor was responsible for presenting the consistency index (255 mm) and adhesion resistance (0.58 MPa) within the values pre-established by the standard. Therefore, CDW has potential for use in mortar for coatings, given its physical and mechanical properties, in addition to representing a sustainable, low-cost, and environmentally friendly alternative.

**Palavras-chave:**

resíduos de construção e demolição, impacto ambiental, propriedades mecânicas, argamassas, revestimento

**Key-word:** construction and demolition wastes, environmental impact, mechanical properties,

<sup>1</sup>Universidade Potiguar, Departamento de Engenharia Civil. Mossoró, CEP – 59607-330 Rio Grande do Norte, Brasil. jadylimma@gmail.com;

<sup>2</sup>Universidade Potiguar, Departamento de Engenharia Civil. Mossoró, CEP – 59607-330 Rio Grande do Norte, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é um setor produtivo que possui considerável papel na economia do Brasil e atualmente assume o posto de maior consumidora de recursos naturais da sociedade, absorvendo de 20 a 50% desses recursos explorados no mundo, segundo John (2001).

Como em todo processo industrial, o uso dos insumos da indústria da construção civil gera resíduos, e em grande escala, que necessitam ser gerenciados. A maior parte dos resíduos de construção não tem distribuição adequada, causando poluição tanto ambiental, no solo, ar e água, como social, uma vez que gera desgaste da qualidade de vida urbana. Com o meio da reutilização desses resíduos gera um impacto ambiental positivo, pois evita o descarte do material de forma incorreta e ajuda ao meio ambiente.

Desde 2002 está em vigor a Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que obriga os municípios a darem um correto destino aos RCD, impedindo-os de os descartarem em locais não licenciados, além de obrigar que o RCD do tipo A, formado basicamente por restos de concreto, argamassa, cerâmica vermelha e rochas, sejam reciclados e aproveitados como agregados ou depositados em locais previamente licenciados, para uma reciclagem futura.

Conforme Bartoli (2011) estima-se que o Brasil desperdiça cerca de R\$ 8 bilhões ao ano por não reciclar materiais de construção. Para que se torne possível uma ideia do tamanho do desperdício, os resíduos de construção civil e demolições são responsáveis por 60% de todo o lixo sólido urbano e tem reaproveitamento de 70%.

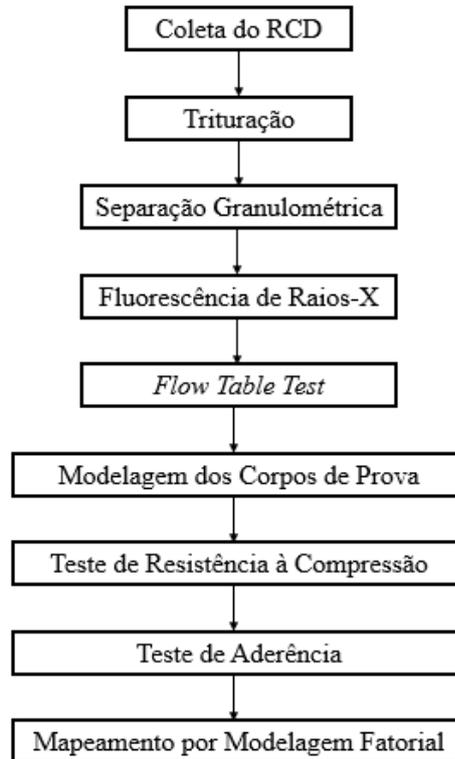
Aliada a tal reação desses setores, têm-se a dificuldade por parte das empresas e governos municipais em criar mecanismos de gerenciamento eficazes, capazes de: i) nortear um uso mais inteligente dos materiais nas frentes de trabalho, visando com isso uma redução no volume de material a ser descartado mais tarde; ii) contribuir com a segregação desses resíduos in loco, de modo a facilitar o seu reuso posterior e iii) realizar e controlar a disposição do que não pode ser submetido a processos de reciclagem ou reuso direto em locais apropriados, diminuindo com isso o surgimento de áreas clandestinas de bota-fora, que ocorre, em muitas vezes, em áreas de preservação ambiental (OLIVEIRA, 2005).

Portanto, este estudo consiste em avaliar a resistência à compressão uniaxial da argamassa em função das diferentes proporções de agregado miúdo substituído por RCD, o ensaio de espalhamento (*Flow Table*) e o teste de aderência da argamassa, maximizando assim, o percentual de substituição. Posteriormente, associar as micrografias às rupturas obtidas em função da presença do RCD, de forma a associar a geometria das fissuras à concentração do RCD presente.

## 2 MATERIAIS E PROGRAMA EXPERIMENTAL

A metodologia utilizada para a confecção do artigo é do tipo quantitativa e metodológica, de forma a aplicar o RCD na argamassa, levando em consideração ensaios experimentais capazes de definir a viabilidade de reutilização do resíduo na argamassa. A Figura 1 mostra o fluxograma adotado para a execução do estudo.

Figura 1 – Fluxograma experimental adotado para a execução do estudo



Fonte: Autores (2019).

### 2.2.1 Caracterização granulométrica

O RCD coletado passa por uma triagem e separação de argamassa, concreto e material cerâmico. Esses materiais foram moídos, destorroados e em seguida, caracterizados quanto a sua granulometria utilizando peneira de abertura previamente estabelecidas de 4,75 – 0,075 mm. Posteriormente, o material peneirado é avaliado quanto aos testes de Fluorescência de Raios-X (FRX).

### 2.2.2 Fluorescência por Raio – X

A fluorescência de raios X (FRX) foi utilizada para avaliar suas características físico/químicas, os principais óxidos que contém no RCD. Trata – se de uma técnica chave para o estudo dos materiais, que permite a identificação dos componentes.

### 2.2.3 Preparação dos corpos de prova

Para este artigo foi realizado um estudo de traços utilizando a mesma concepção de Fialho, Calmon e Pereira (2014), no qual utilizaram diferentes traços, resultantes de combinações em percentual de massa de agregado reciclado (RCD) em substituição de agregado de origem natural, como também relações água/cimento ( $a/c$ ). Tomando como base as pesquisas mencionadas, foram executados traços de referência e experimentais com proporções 1:3 (cimento e agregado miúdo), com fator água/cimento (0,55; 0,60; e 0,65), com objetivo de estudar e analisar substituições de diferentes percentuais (10, 20 e 30%) de agregado miúdo, (areia natural x RCD), verificando os efeitos na resistência à compressão do concreto e índice de consistência.

A Tabela 1 mostra o percentual do RCD utilizado em substituição ao agregado miúdo e os diferentes

fatores a/c a serem utilizados na pesquisa.

**Tabela 1 – Percentual do RCD utilizado em substituição ao agregado miúdo e os diferentes fatores a/c a serem utilizados na pesquisa**

Traços com RCD		
Traço	RCD (%)	Fator a/c
1	10	0,55
2	20	0,55
3	30	0,55
4	10	0,60
5	20	0,60
6	30	0,60
7	10	0,65
8	20	0,65
9	30	0,65

Fonte: Autores (2019).

#### 2.2.4 Determinação do índice de consistência da argamassa (Flow Table)

Para sua caracterização no estado fresco, as argamassas tiveram a definição da sua quantidade de água através da obtenção do índice de consistência fixo para cada traço, de acordo com Melo (2012).

O desempenho da argamassa em seu estado fresco é medido por meio de ensaio de mesa para índice de consistência, conhecida como *Flow Table*, determinado como prescreve a NBR 13276:2005.

#### 2.2.5 Resistência mecânica à compressão uniaxial

Os corpos de prova cilíndricos de dimensões (5 x 10 cm) foram submetidos ao ensaio de resistência à compressão axial aos 28 dias, sendo retirados da cura em imersão um dia antes da realização do ensaio para retificação das faces. Executado na máquina universal Emic 23-100, marca INSTRON/EMIC. Os ensaios de resistência à compressão axial foram conduzidos conforme especificações da ABNT NBR 13279:2005.

#### 2.2.6 Ensaio de determinação da resistência de aderência à tração de revestimentos de argamassa

Ensaio de aderência, foi realizado conforme a ABNT NBR 13528:2010. O ensaio para a análise da resistência de aderência consistiu em construir um painel de alvenaria e dividido em partes iguais onde foram aplicadas as variações de traço da argamassa. Para cada ensaio foram retirados 4 corpos-de-prova com diâmetro de 50 mm e de mesmas características, espaçados entre si em no mínimo 50 mm, com idade de 7 e 28 dias. O corte do revestimento foi realizado mantendo sempre o equipamento de corte em posição ortogonal à superfície, seguido dos seguintes processos: limpeza da superfície do corpo-de-prova sobre a qual foi colada a pastilha, aplicação da cola na superfície da pastilha metálica e colagem sobre revestimento de forma centralizada.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Caracterização por fluorescência de raios-x

A técnica de fluorescência de raios-x foi utilizada com o objetivo de identificar os principais óxidos contidos na amostra de RCD. A tabela 2 mostra os valores obtidos de fluorescência.

**Tabela 2 – Valores de fluorescência de raios-x do RCD.**

Componentes	(%)
SiO <sub>2</sub>	42,1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31,24
K <sub>2</sub> O	11,03
CaO	5,998
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,487
TiO <sub>2</sub>	0,776
Demais óxidos	4,369
∑ óxidos	100%

Fonte: Autores (2019).

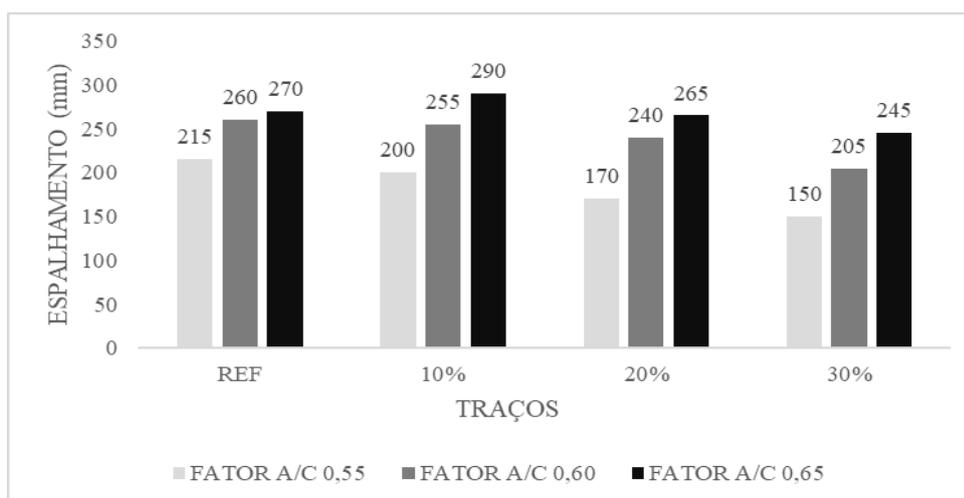
De acordo com dados apresentados na Tabela 2, fica evidenciado o comportamento pozolânico da amostra, devido à quantidade de SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> presente (superior a 70%). Portanto assume-se que, adicionando ao cimento um material pozolânico, cujos óxidos SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> estão presentes em estado amorfo ou com sua estrutura cristalina fraca, em presença de água e à temperatura ambiente, estes óxidos reagem com o hidróxido de cálcio (produzido pela hidratação dos silicatos do cimento Portland) formando compostos que possuem propriedades aglomerantes. A reação pozolânica ocorre devido à sílica e a alumina serem susceptíveis à presença de hidróxido de cálcio, em virtude da labilidade e instabilidade de suas ligações químico-estruturais.

#### 3.2 Avaliação do índice de consistência

Para avaliação das argamassas no estado fresco foram realizadas por meio de análise dos resultados dos ensaios executados de *flow table* de acordo com a NBR 13276:2005 – Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos.

O gráfico 1 mostra os dados inerentes aos resultados de *flow table* obtidos em função dos diferentes traços utilizados para as argamassas (Ver Tabela 1).

Gráfico 1 – Ensaio do Índice de Consistência para os diferentes traços de argamassa utilizando



Fonte: Autores (2019).

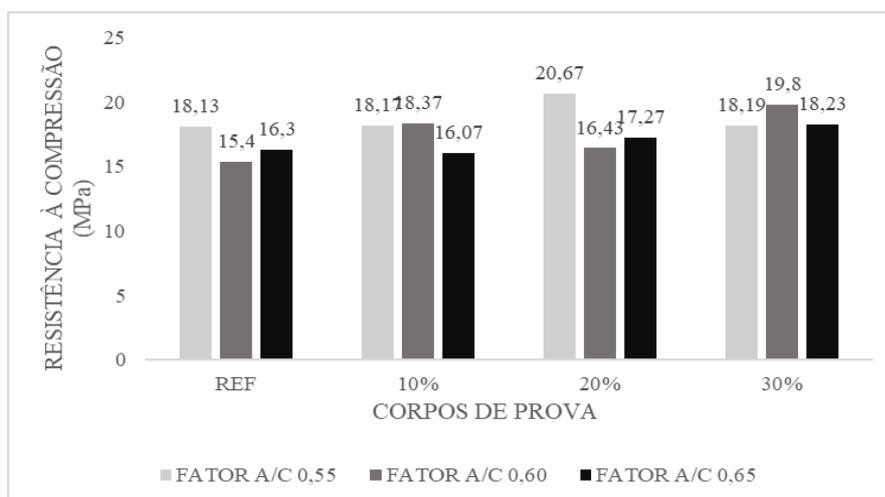
De acordo com o gráfico apresentado, pode-se observar que o aumento do fator a/c é responsável por proporcionar um aumento de fluidez nos sistemas, indicando um maior valor no espalhamento. A utilização do RCD favorece uma redução no índice de consistência em virtude da presença de grupamentos silanois oriundos da cerâmica presente, os quais são responsáveis por uma maior interação com água (ligações de hidrogênio e dipolo-dipolo). Por essa razão, a concentração de RCD interfere diretamente na trabalhabilidade da argamassa, parâmetro esse, fundamental para avaliação da força de coesão entre os agregados e o aglomerante. Dados os resultados obtidos, observa-se que o traço de referência (sem RCD e fator a/c 0,60), além dos traços 4 (10% de RCD + fator a/c 0,60) e 8 (20% de RCD + fator a/c 0,65) estiveram dentro das especificações para o índice de consistência, com valores de 260, 255 e 265 mm, respectivamente.

Diante disso, os traços com essas concentrações de RCD foram selecionados para avaliar o efeito que esse material provoca na resistência de aderência. Resultados similares foram obtidos por Araújo (2014), na qual analisou o desempenho de argamassas de revestimentos produzidas com agregados reciclados oriundos do RCD originário de Natal-RN. Com o propósito principal de estudar a possibilidade de substituição, parcial ou total, do agregado natural pelo agregado reciclado na produção de argamassas, a partir da análise das variações obtidas em suas propriedades, nos estados: fresco e endurecido. Com isso, considerando-se o ensaio do índice de consistência realizado, o valor adotado para as duas formulações (TP1 e TP2) foi fixado em  $260 \pm 5$  mm, conforme orientações da referida norma.

### 3.3 Determinação da resistência à compressão dos corpos de prova

O ensaio a resistência a compressão axial das argamassas foi realizado de acordo com a ABNT NBR 13279:2005, retirando os corpos de provas com 28 dias de cura. O Gráfico 2 mostra os valores de resistência à compressão uniaxial das argamassas com diferentes concentrações de RCD utilizadas.

Gráfico 2 – Ensaio de Resistência à Compressão



Fonte: Autores (2019).

Os resultados mostrados no Gráfico 2, obtidos a partir do ensaio de resistência à compressão, mostram que a substituição parcial do agregado miúdo por RCD foi responsável por um aumento da resistência mecânica à compressão na maioria dos traços trabalhados. Entretanto, se observa que há uma concentração ótima, na qual são obtidos os maiores valores de resistência à compressão. Isso pode ser perfeitamente explicado em função do sinergismo entre os agregados, indicando que se faz necessário encontrar uma otimização entre a concentração de RCD e o fator *a/c* utilizado. Conforme os dados apresentados, é possível observar que o traço com substituição de 20% por RCD + fator *a/c* de 0,55 foi responsável pelo melhor resultado no ensaio de resistência à compressão (20,67 MPa). Esses resultados indicam que, possivelmente, a presença de material pozolânico oriundo de cerâmica vermelha presente no RCD foi responsável por um maior sinergismo, promovendo assim, uma melhoria nas propriedades mecânicas. Mesmo em função dos altos valores de resistência à compressão obtidos com a presença do RCD, isso não implica em uma viabilização do processo com um revestimento mais resistente, conforme mencionado por Roman e colaboradores (1999).

Algumas pesquisas mostram que, quando se faz uso de argamassas com teor de ar excessivo e baixa resistência à compressão, como é o caso de algumas argamassas industrializadas, a ruptura passa a ser por esmagamento da junta ao invés de tração no bloco que é a forma mais desejável, pois assim se aproveita todo o potencial resistente da unidade. De acordo com trabalhos de Mohamad, Lourenço e Roman (1999), o modo de ruptura da alvenaria é de fundamental importância para estabelecer uma compatibilidade entre o bloco e junta de argamassa de forma a aumentar o desempenho à compressão da parede.

### 3.4 Análise dos testes de aderência

O teste de aderência foi realizado com base no ensaio descrito pela NBR 13528:2010 - Revestimento de paredes e tetos com argamassas inorgânicas: Determinação da resistência de aderência à tração. O resultado pode ser influenciado por diversos fatores, como condições ambientais e métodos de aplicação do produto, assim como o tempo de cura, mão de obra, pressão, entre outros que interferem na aderência da argamassa. (CASAREK, 2010; IOPPI, Paulo R., 1995).

O ensaio de aderência foi realizado aos 7 e 28 dias de cura, com os traços devidamente selecionados. De acordo com os resultados obtidos, foi observado que com o aumento da substituição da areia por RCD houve o surgimento de fissuras. Esse resultado por ser atribuído ao fato de que o RCD é rico

em material pozolânico (especialmente a sílica), o que é responsável por uma maior interação com água. Por essa razão, o surgimento de fissuras no revestimento, pode ser parcialmente atribuído a esse comportamento. Se faz necessário ajuste nos fatores a/c para minimizar o efeito provocado pela retração, conforme pode ser visualizado na Figura 10.

**Figura 2 – Fotografias dos testes de aderência para os traços de referência, traço 4 e 8**



Fonte: Autores (2019).

Conforme a Figura 2, nota-se uma maior formação de fissuras no revestimento de argamassa contendo 20% de RCD (traço 8) em comparação com a concentração de 10% (Traço 4). Isso pode ser justificado, possivelmente em função da maior quantidade de RCD presente, ou seja, maior quantidade de sílica, o que de fato virá a remover mais água do sistema e assim acelerar o processo de retração.

A Tabela 3 mostra os valores dos testes de aderência executados para os traços de referência, 4 e 8.

**Tabela 3 – Média dos resultados do teste de aderência.**

TRAÇO	Aderência (Mpa) 7 DIAS	Coefficiente de variação (7 dias)	Aderência (Mpa) 28 DIAS	Coefficiente de variação (28 dias)	VALORES DE REFERÊNCIA (NBR 13749)
REFERÊNCIA	0,48 Mpa	27%	0,67 Mpa	37,25%	≥0,30 Mpa
4	0,35 Mpa	50,56%	0,58 Mpa	47,76%	≥0,30 Mpa
8	0,55 Mpa	16,19%	0,66 Mpa	15,44%	≥0,30 Mpa

Fonte: Autores (2019).

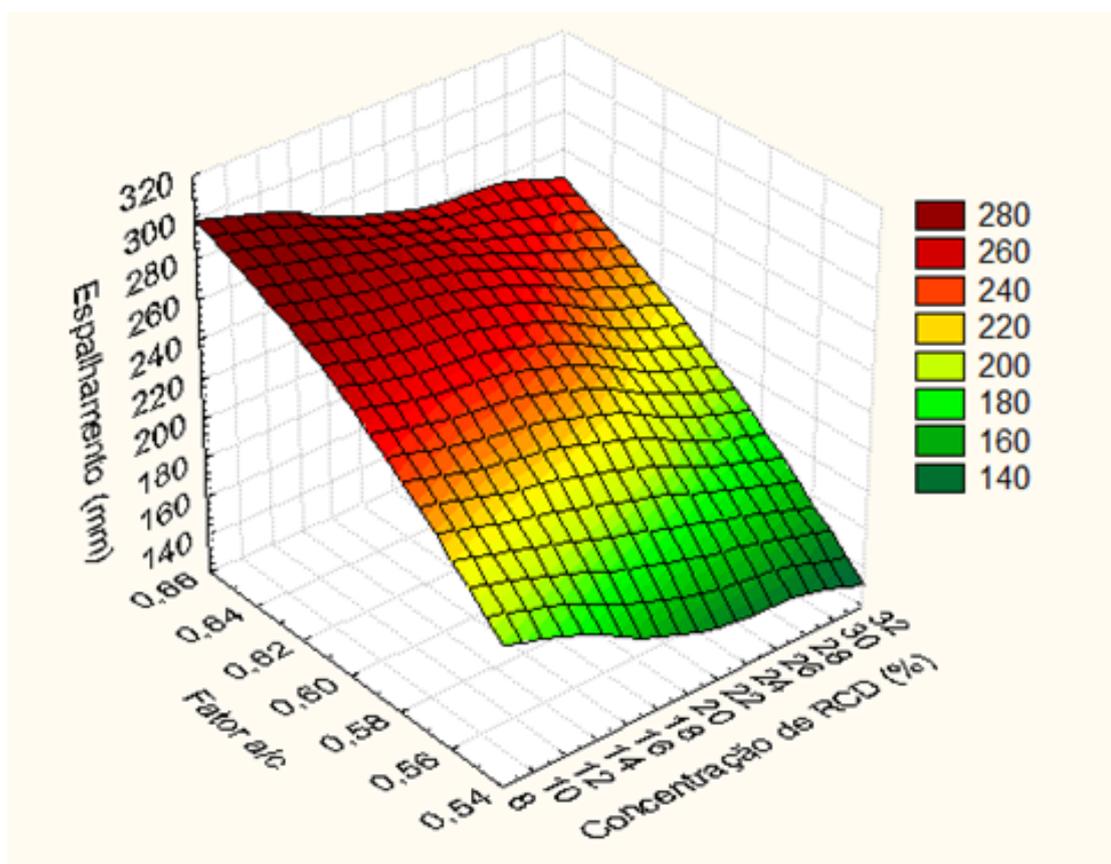
De acordo com os resultados obtidos, fica evidenciado que as argamassas utilizadas para avaliação do teste de aderência estiveram dentro dos parâmetros pré-estabelecidos pela norma. Entretanto, como a escolha do melhor traço envolve outros parâmetros como retração, índice de consistência, resistência, trabalhabilidade e tempo de cura, sem mencionar o sinergismo entre os parâmetros. Além disso, foi observado que os ensaios apresentaram um coeficiente de variação na faixa de 15 a 37%. Esse coeficiente fornece a variabilidade dos dados obtidos em relação à média, ou seja, quanto menor o seu valor, mais homogêneos são os dados. Geralmente, os resultados de ensaios de resistência de aderência à tração apresentam alta dispersão, resultando em coeficientes de variação da ordem de 10% a 35%, chegando muitas vezes a 50%-60% (CARASEK, 2011), o que viabiliza o processo utilizado.

Foi realizado um mapeamento por modelagem fatorial para identificar qual variável de processo teria maior influência em termos de propriedades mecânicas.

### 3.5 Mapeamento por modelagem fatorial

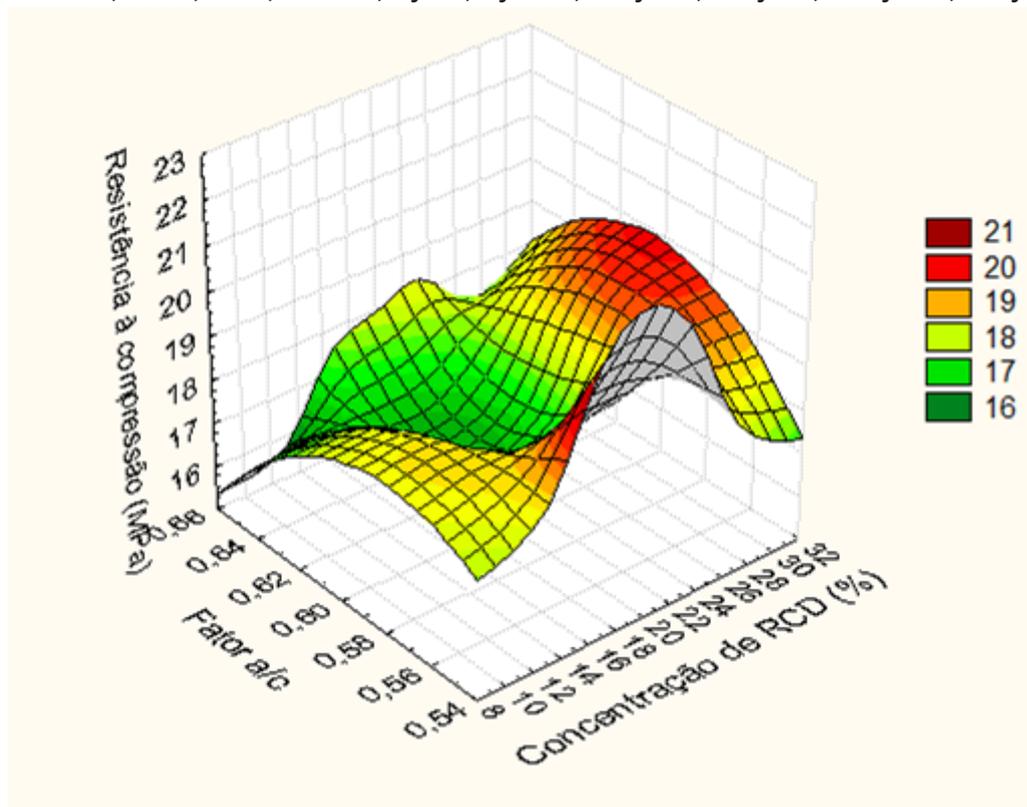
O mapeamento por modelagem fatorial foi utilizado com o intuito de avaliar o sinergismo entre as variáveis de processo de forma a identificar o máximo de substituição do agregado miúdo em associação com o fator a/c em função das variáveis resposta resistência à compressão (MPa) e índice de consistência (mm). Os gráficos 5 e 6 mostram os resultados de espalhamento (mm) e resistência à compressão (MPa) dos sistemas utilizados, respectivamente.

Gráfico 3 – Mapeamento por modelagem fatorial do ensaio de espalhamento (mm)  
 $Z=21,86-335,42x+28,72x^2+79,41y+14,62y^2+954,04 x.y-15,26 x.y^2-99,58.x^2.y+37,68x^2.y^2$



O gráfico 3 mostra que a utilização de até 15% de RCD em associação com a faixa de fator a/c de 0,58 a 0,62 foi responsável por manter os valores de índice de consistência dentro do previsto pela NBR 13276:2005, a qual estabelece um valor de  $260 \pm 5$  mm. Uma equação polinomial foi obtida de forma a modelar as principais interações de processo, onde qualquer valor compreendido na faixa utilizada de concentração de RCD e fator a/c foi possível prever o comportamento inerente ao espalhamento (mm). Os resultados apresentados corroboram com o que foi discutido na seção 4.2, onde em virtude da presença dos grupamentos silanois presentes na composição do RCD (ver Tabela 3), foi verificado uma forte interação desses grupamentos com as moléculas de água.

Gráfico 4 – Mapeamento por modelagem do ensaio de resistência a compressão (MPa)  
 $Z=39,86-335,42x+2,72x^2+279,41y+48,62y^2+954,04 x.y-165,26 x.y^2-99,58.x^2.y+137,68x^2.y^2$



Fonte: Autores (2019).

Conforme o mapeamento por superfície de resposta apresentado no gráfico 4, constata-se duas regiões de interesse (região vermelha), onde foi obtido os maiores valores de resistência à compressão (MPa). A primeira região compreendida entre 18 a 24% de RCD em associação com o menor fator a/c foi responsável por valores de resistência à compressão próximos a 20 MPa. A região 2, com 30% de RCD em associação com a faixa de fator a/c de 0,58 a 0,62, foi responsável por valores de resistência próximos a 21 MPa. Uma equação polinomial foi obtida para descrever o comportamento da resistência à compressão em função das variáveis de processo.

#### 4 CONCLUSÕES

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise de como o uso do RCD pode agregar na trabalhabilidade e resistência da argamassa para revestimento, avaliando o efeito causado pelos diferentes níveis de inclusão do material.

- À medida que aumenta o fator a/c ocorreu um aumento de fluidez nos sistemas e o aumento do teor de RCD favorece uma redução no índice de consistência.
- A utilização do RCD em todos os níveis de concentração utilizado promoveu um aumento nos valores de resistência à compressão uniaxial (15,4 – 20,67 Mpa).
- Os ensaios de trabalhabilidade, resistência à compressão e aderência mostraram que o RCD apresentou excelente comportamento mecânico e baixa variação nas suas propriedades, justificando assim, sua utilização na aplicação proposta.
- O traço 4 apresentou resultados positivos de trabalhabilidade no índice de consistência (255

mm), resistência à compressão (18,37 MPa) e resistência à aderência (0,58 MPa).

A utilização do RCD como agregado implicará em economia ambiental, representando uma ação importante para o desenvolvimento sustentável. No entanto, a sua reciclagem demanda monitoramento sistemático, garantindo-se a qualidade dos produtos, segurança e preservação dos recursos naturais, devendo ser um assunto a ser minuciosamente explorado para que em um breve futuro tenhamos estudos e testes bem-sucedidos suficientes para que o RCD deixe de ser visto apenas como entulho e passe a ser visto como um grande aliado da construção civil e do meio ambiente.

## 5 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, N. N. Desempenho de argamassas de revestimento produzidas com agregados reciclados oriundos do resíduo de construção e demolição da grande Natal-RN. Natal, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos. Rio de Janeiro, 2016.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação de resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13528: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação de resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13749: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação. Rio de Janeiro, 2013.

BARTOLI, A. Brasileiro produz por ano meia tonelada de resíduos de construção civil. 2011. Disponível em: <<https://abrecon.org.br/brasileiro-produz-por-ano-meia-tonelada-de-residuos-de-construcao-civil/>>. Acesso em 27 de maio de 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília: 2002.

CARASEK, H. Aderência de argamassas à base de cimento Portland a substratos porosos – Avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo da ligação. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 285 p. São Paulo. 1996.

CARASEK, H. Guia de avaliação e interpretação de ensaios de sistemas de revestimento de argamassa. Comunidade da construção de Belo Horizonte. Belo Horizonte. 2011. 21 p. 4º Ciclo.

CASALI, J.M. Estudo da interação entre argamassa de assentamento e bloco de concreto para alvenaria estrutural: transporte de água e aderência, Tese de D.Sc., Programa de Pós-Doutorado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC., 2008

DANIEL, W. K., PIVA, J. H., A., E. G. P. Análise das características físicas e propriedades mecânicas de blocos de concreto com uso de resíduos de construção e demolição (RCD). Revista técnico-científica de Engenharia Civil da UNESC, 2019. Florianópolis – SC.

MELO, F.C.A.C. Análise de argamassa com substituição parcial do cimento portland por cinza residual de lenha de Algaroba. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

JOHN, V. M. Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção. In: CARNEIRO, A. P. et al. Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção. Salvador: EDUFBA; 312 p.; 2001; p.27-45.

LEITE, F. C. Comportamento mecânico de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil em camadas de base e sub-base de pavimentos. Tese (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2007.

MENDES, T. A. et al. Parâmetros de uma pista experimental executada com entulho reciclado. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO - 35, 2004, Rio de Janeiro. Resumo. Rio de Janeiro, 2004, p. 1-12.

MOHAMAD, G., LOURENÇO, P.B., ROMAN, H. R., "Mechanics of hollow concrete block masonry prisms under compression: Review and prospects", Cement & Concrete Composites v 29, p. 193-204, 2007.

OLIVEIRA, J. C. et al. Evaluation of a flexible pavement executed with recycled aggregates of construction and demolition waste in the municipal district of Goiânia – Goiás. In: International Symposium on Pavement Recycling, 2005, São Paulo. Anais Eletrônicos do 2005 international symposium on pavement recycling. [CD ROM]. São Paulo, 2005. n.p.

OLIVEIRA, V. F. O papel da Indústria da Construção Civil na organização do espaço e do desenvolvimento regional. Congresso Internacional de Cooperação Universidade-Indústria. Taubaté, 2012.

ROMAN, H. R.; MUTTI, C. N.; ARAÚJO, H. N. Construindo em alvenaria estrutural. Florianópolis: UFSC, 1999. 83 p.

SANTOS, E. C. G. Aplicação de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados (RCD-R) em estruturas de solos reforçados. São Paulo. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 2007.

SANTOS, V. M. L. et al. Revista de Gestão Social e Ambiental – RGSA. São Paulo, v. 10, n. 1, p. 93-109, jan./abr., 2016.

SCHENINI, P. C. et al. Gestão de Resíduos da Construção Civil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, Florianópolis, 2004.

SILVA FILHO, A. F. Gestão dos resíduos sólidos das construções prediais na cidade de Natal - RN. Alcides Fernandes e Silva Filho. Natal, RN, 2005.