UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Curso de Especialização: Tecnologia e Gestão do Ambiente Construído

Juliano de Freitas Dutra

LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO DE ANÁLISES DA INFLUÊNCIA DO RESÍDUO PROVENIENTE DE MATERIAIS CERÂMICOS EM ARGAMASSAS

Belo Horizonte,
2019

JULIANO DE FREITAS DUTRA

LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO DE ANÁLISES DA INFLUÊNCIA DO RESÍDUO PROVENIENTE DE MATERIAIS CERÂMICOS EM ARGAMASSAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização: Tecnologia e Gestão do Ambiente Construído do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Linha de Pesquisa: Masteriais de Construção Civil

Orientador (a): Prof. Dr. White José dos Santos

Belo Horizonte,
2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por sempre me abençoar, iluminar e me proteger.

Agradeço à minha grande família, por todo amor, carinho, apoio e conselhos.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. White José dos Santos, por todo apoio e incentivo.

As amizades que fiz durante o curso, por todos que sempre me apoiaram e incentivaram.

Agradeço também todo o corpo docente e todos os funcionários do DEMC, que nunca mediram esforços para me ajudar.

RESUMO

O setor da construção civil é um dos maiores responsáveis pela degradação ambiental e ao mesmo tempo, é responsável por boa parte da economia mundial, contribuindo para a geração de empregos e se interligando diretamente à produção de equipamentos, insumos e serviços. Vários insumos utilizados para a produção de diversos materiais, empregados em atividades realizadas pelo setor, são retirados da natureza. Além disso, a realização das suas atividades gera uma quantidade de resíduo significativa, sendo a maior parte deles oriundos das atividades de construção e demolição, denominados RCD. Tais resíduos são composto, em sua maioria, por argamassas, concretos e materiais cerâmicos, sejam eles gerados por perda ou restos de materiais. Afim de sanar parte dos impactos negativos causados pela construção civil, desde a retirada de insumos naturais até a geração de RCD, estudos visam a utilização dos RCD como uma alternativa de inseri-los em matrizes cimentícias, como em argamassas, utilizando-os na forma de agregado reciclado. Esses RCD podem ser incorporados como um todo ou utilizado através da segregação dos componentes. Portanto, o presente artigo visa realizar um levantamento bibliográfico referente à análise da influência no comportamento de argamassas recicladas, em relação as propriedades químicas, físicas e mecânicas que se alcançaram com a substituição do agregado natural pelo agregado reciclado oriundo de materiais cerâmicos. Assim, pôde-se observar que existe uma gama de resultados ao inserir o agregado reciclado cerâmico em argamassas. Essa diversidade se dá diante dos diferentes tipos de materiais cerâmicos existentes e em relação ao tratamento que lhes é dado. Portanto, deve-se dar uma maior atenção em relação ao tratamento desse resíduo e aos resultados dos indicadores de durabilidade que as argamassas apresentam com agregado reciclado cerâmico.

Palavras-chave: resíduos cerâmicos, agregado reciclado, argamassa reciclada.

ABSTRACT

The construction sector is one of the greatest responsible for environmental degradation and at the same time, is responsible for much of the world economy, contributing to the generation of jobs and if connecting directly to the production of equipment, supplies and services. Various inputs used in the production of a variety of materials employed in activities carried out by the industry, are taken from nature. In addition, the implementation of its activities generates a significant amount of residue, the majority of which is from construction and demolition activities, called RCD. Such waste is composed, in your most, for mortars, concrete and ceramic materials, whether they are generated by waste or leftover materials. In order to remedy some of the negative impacts caused by construction, since the withdrawal of natural inputs until the generation of RCD, studies aimed at the use of the RCD as an alternative to inserting them in cimentícias arrays, as in mortars, using them on form of recycled aggregate. These RCD can be incorporated as a whole or used through the segregation of components. Therefore, this article aims to conduct a bibliographic survey concerning the analysis of the influence on the behaviour of recycled mortar, in respect of the chemical, physical and mechanical properties that have achieved with the replacement of the aggregate natural recycled aggregate from ceramic materials. So, one could observe that there is a range of results by entering the recycled ceramic aggregate in mortars. This diversity is given on the different types of ceramic materials, and in relation to the treatment given to them. Therefore, one should give greater attention in relation to the treatment of this waste and the results of the indicators of durability that mortars with recycled aggregate feature ceramic.

Keywords: ceramic wastes, recycled, recycled mortar aggregate.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: RCD.....29
Figura 1: Brita produzida na usina de Campinas.....32
Figura 2: Areia produzida na usina de Campinas.....32
Figura 3: Rachão produzido na URBEM ATT Base Ambiental.....32
Figura 4: Agregados reciclados B1 e B2 produzidos.....33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Tipos de Cimento Portland.....18
Quadro 2 Aplicações dos diferentes tipos de Cimento Portland.....18
Quadro 3 Classificação das argamassas.....21
Quadro 4 Classificação das argamassas segundo as suas funções na construção.....22
Quadro 5 Propriedades relacionadas com a trabalhabilidade.....25
Quadro 6 Limites de resistência de aderência à tração.....26
Quadro 7 Classificação das Argamassas segundo a Resistência à Compressão.....27
Quadro 8 Classificação das Argamassas segundo a Resistência à Tração na Flexão.....27
Quadro 9: Composição média dos RCDs em obras brasileiras.....36
Quadro 10: Fonte geradora e componentes dos RCDs em (%).....36
Quadro 11: Material, composição e benefícios.....38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Principais características do resíduo cerâmico como agregado miúdo.....34
Tabela 2 Influência do RCD nas propriedades das argamassas.....38
Tabela 3 Influência dos agregados reciclados cerâmicos nas propriedades das argamassas..42

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Tipo de processamento entre os 392 municípios brasileiros com serviço de manejo de RCDs.....37

SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRECON	Associação Brasileira Para Reciclagem de RCD
ABRELPE	Associação Brasileira de Limpeza Pública e resíduos Especiais
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PNSB	Pesquisa Nacional de Informação em Saneamento
RCD	Resíduo da Construção e Demolição
SINDUSCON	Sindicato da Industria da Construção Civil
SNIS	Sistema Nacional de Informação em Saneamento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12

2 OBJETIVOS 15

2.1 OBJETIVO GERAL 15

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 15

3 METODOLOGIA 16

4 ARGAMASSAS 17

4.1 CONSTITUINTES DAS ARGAMASSAS 18

4.1.1 Cimento Portland 18

4.1.2 Cal 19

4.1.3 Água 19

4.1.4 Agregados 20

4.2 ANÁLISE DE PROPORÇÕES 21

4.3 TIPOS DE ARGAMASSAS 21

4.3.1 Argamassas de assentamento 22

4.3.2 Argamassas de revestimento 23

4.3.3 Argamassa de acabamento 24

4.3.4. Argamassa colante 23

4.4 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS 24

4.4.1 Trabalhabilidade 24

4.4.2 Aderência 25

4.4.3 Permeabilidade à água 26

4.4.4 Durabilidade 26

4.4.5 Resistência Mecânica 27

5 RESÍDUOS SÓLIDOS 28

5.1 DEFINIÇÃO E COMPOSIÇÃO DOS RCDs 28

5.2 PROPRIEDADES DOS AGREGADOS RECICLADOS 31

5.3 GERAÇÃO DOS RCDs 35

5.4 INSERÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM ARGAMASSAS 37

5.5 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO NATURAL PELOS AGREGADOS RECICLADOS CERÂMICOS EM ARGAMASSAS 42

6 LIMITAÇÕES OBSERVADAS PARA O USO DE AGREGADOS RECICLADOS CERÂMICOS 46

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS 47

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 49

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é um setor responsável, em grande parte, pela economia mundial, com geração de empregos e com uma ligação direta com a produção de insumos, equipamentos e serviços gerados para realização das atividades do mesmo, (PAZ & LAFAYETTE, 2016). Consequentemente, o setor gera uma grande quantidade de resíduos oriundos de suas mais diversas atividades, que são descartados de forma imprópria em diversos lugares, como: áreas urbanas, riachos, estradas e locais impróprios, ocasionando poluição ambiental e visual do meio, (CONTRERAS *et al.* 2016).

Se tratando de números, Akhtar & Sarmah (2018) estimaram que a geração mundial de resíduos, gire em torno de 3 bilhões de toneladas por ano. Só no Brasil, esse número gira em torno de 70 toneladas por ano, mas esse valor é variável de acordo com o índice de desenvolvimento humano (CONTRERAS *et al.* 2016).

Uma pesquisa feita por Etxeberria & VEGAS (2015), estimaram que os resíduos de construção e demolição (RCD) são diversos e acredita-se que 75% do RCD é composto por tijolos e concretos. E, Paixão (2013), comprovou a possibilidade de triturar mais de 90% dos RCD (argamassa e componentes de vedação) para serem usados como agregados, na produção de componentes de construção e argamassas.

O agregado é um componente fundamental para a produção de materiais cimentícios e sua qualidade possui grande influência nas propriedades que se quer alcançar (OPER, *et al.* 2017). Portanto, é fundamental realizar caracterização do mesmo, para avaliar se sua utilização é adequada ou não.

Contreras *et al.* (2016), estudaram resíduos de construção e demolição que eram basicamente compostos por 50% de material cerâmico, 30% de argamassas e 20% de concretos. Atualmente, dentre essa heterogeneidade da composição dos RCD, o que é menos avaliado, são os resíduos de materiais cerâmicos. Esse fato pode ser decorrente da constatação visual de imaginar que o material possui uma baixa capacidade para proporcionar melhorias nas propriedades dos materiais cimentícios.

Vegas et al. (2009) concluíram que as argamassas podem conter até 25% de agregado reciclado cerâmico sem que suas propriedades mecânicas, trabalhabilidade e encolhimento sejam afetadas, não necessitando de aditivos. Jimenez *et al.* (2013) acreditam que isso é possível com até 40% de substituição do agregado natural pelo

agregado reciclado cerâmico. Jimenez *et al.* (2013), Matias *et al.* (2014), Farinha *et al.* (2015), Lima *et al.* (2016) e Silva *et al.* (2018), realizaram analises de diferentes tipos de materiais cerâmicos, cada um, alcançando resultados diferentes quando se comparam entre si. Em sua maioria, as propriedades mecânicas das argamassas foram melhoradas, e constatou-se a falta de estudos referentes a durabilidade dessas argamassas quando são compostas por materiais cerâmicos.

Assim, existem indícios de que é possível realizar a substituição do agregado natural pelo agregado reciclado cerâmico em materiais cimentícios, como por exemplo, em argamassas. Contudo, para que seja possível a utilização, é necessário o conhecimento de todos os materiais que serão utilizados, e como o comportamento de cada um pode afetar nas propriedades desse material de construção civil que se quer alcançar. Portanto, este trabalho possui objetivo de proporcionar uma maior familiaridade com o resíduo cerâmico, como ele está sendo utilizado e quais os resultados que se obtiveram, afim de identificar lacunas que devem ser melhores explanadas para se consolidar a utilização desse material em argamassas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do trabalho consiste em realizar um levantamento bibliográfico analisando a influência da substituição do agregado natural por agregados reciclados cerâmicos em argamassas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo geral, segue os seguintes objetivos específicos a serem cumpridos:

- Levantar as principais características dos RCDs, sendo em especial os resíduos cerâmicos;
- Definir com base em estudos científicos as principais limitações e problemas encontrados no uso deste resíduo;
- Com base na revisão realizada, definir as principais lacunas a serem estudadas acerca destes materiais e condições a serem observadas com base nas características deste resíduo.

3 METODOLOGIA

Atualmente, a busca para sanar e encontrar uma destinação adequada para os resíduos de construção e demolição (RCD), são possibilidades que vem sendo analisadas em diversos países. Construir mais utilizando menos recursos naturais, são estudos que visam a substituição dos agregados naturais pelos agregados reciclados provenientes de RCDs, que podem ser uma solução para sanar partes dos problemas enfrentados devido a geração de resíduos e sua má destinação.

Entretanto, entre os RCDs, existe uma grande amplitude de diversidade de tipos de resíduos que o compõem. Dentre eles, destaca-se os resíduos de materiais cerâmicos, que são passíveis de inserção em materiais cimentícios, como por exemplo, em argamassas. Diante a busca de substituir os agregados naturais por agregados reciclados cerâmicos em argamassas, buscou-se neste trabalho identificar o que está sendo analisado e como as propriedades das argamassas estão sendo influenciadas diante essa substituição.

Para que isso fosse possível, o trabalho consistiu em uma revisão bibliográfica de caráter exploratório, com o intuito de conhecer melhor os agregados reciclados cerâmicos e como a sua substituição tem influenciado as propriedades das argamassas. Assim, foram analisados estudos científicos da questão-problema, identificando possíveis lacunas que devem ser mais exploradas, e algumas dificuldades encontradas para tornar possível essa substituição.

4 ARGAMASSAS

De acordo com Carasek (2010), argamassas são materiais de construção, com propriedades de aderência e endurecimento, obtidos a partir da mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo (areia) e água, podendo conter ainda aditivos e adições minerais. A norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 13529:2013 – define argamassa como resultado de uma mistura de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos e adições, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria.

O Manual de Revestimento da Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP (2018), ressalta que as argamassas que possuem somente cal, como aglomerante, destaca-se a função de uma melhor trabalhabilidade e uma capacidade de absorver deformações. Porém, argamassas somente com esta composição, tende a diminuir suas propriedades de resistência mecânica e na aderência.

Já nas argamassas compostas por cal e cimento, denominada argamassa mista, existe uma retenção de água em volta das partículas da cal, devido sua finura, e consequentemente haverá uma maior retenção de água na argamassa. Portanto, neste caso, a cal possui um papel importante para uma melhor hidratação do cimento, além de manter sua contribuição nas propriedades significativa para a trabalhabilidade e na capacidade de absorver deformações.

Recena (2012), relata que as argamassas possuem algumas funções principais, como:

- Impermeabilizar o substrato de aplicação;
- Regularizar ou proteger substratos constituídos por sistemas de impermeabilização;
- Absorver deformações da estrutura;
- Garantir um bom acabamento para com o revestimento.

4.1 CONSTITUINTES DAS ARGAMASSAS

4.1.1 Cimento Portland

A ABCP (2002) define o cimento como um pó fino com propriedades de aglomerantes, que, sob a ação da água, endurece, e depois desse processo, ele não se decompõe, mesmo que novamente ele seja submetido a água. Slak *et al.* (2002) afirma que o cimento contribui para a resistência mecânica da argamassa, retenção de água e plasticidade, por ser um material composto por partículas finas.

O Manual de Revestimento da ABCP (2018), acrescenta que, o cimento é considerado um aglomerante hidráulico, por suas propriedades serem desenvolvidas pela reação dos seus componentes com a água. Os cimentos são classificados por diferentes tipos de acordo com sua composição, relacionadas no Quadro 1.

Quadro 1: Tipos de Cimento Portland

Denominação	**Sigla**	**Norma**
Portland Comum	CP I	NBR – 5732
Portland composto por escória	CP II – E	NBR – 11578
Portland composto por pozolana	CP II – Z	NBR – 11578
Portland composto por filler	CP II – F	NBR – 11578
Portland de alto forno	CP III	NBR – 5735
Portland pozolânico	CP IV	NBR – 5736
Portland de alta resistência inicial	CP V - ARI	NBR – 5733

Fonte: Manual de Revestimento da ABCP (2018)

A escolha do cimento, varia de acordo com o tipo de aplicação que se quer ter com a argamassa. O Quadro 2, apresenta as possíveis aplicações que os cimentos existentes podem ter nas argamassas.

Quadro 2: Aplicações dos diferentes tipos de Cimento Portland

Aplicação	**Tipos de Cimento Portland**
Argamassa de revestimento e assentamento de tijolos e blocos	Comum (CP I, CP I-S), Composto (CP II-E, CPII-Z, CP II-F), de Alto-Forno (CP III) e Pozolânico (CP IV)
Argamassa de assentamento de azulejos e ladrilhos	Comum (CP I, CP I-S), Composto (CP II-E, CPII-Z, CP II-F), Pozolânico (CP IV)
Argamassa de rejuntamento de azulejos e ladrilhos	Branco (CPB)
Argamassa armada	Comum (CP I, CP I-S), Composto (CP II-E, CPII-Z, CP II-F), de Alta Resistência Inicial (CP IV-ARI) e Branco Estrutural (CPB Estrutural)
Argamassas e concretos para meios agressivos (água do mar e de esgotos)	De Alto-Forno (CP III), Pozolânico (CP IV) e Resistente a Sulfatos

Fonte: ABCP (2002)

4.1.2 Cal

A NBR 7175 (ABNT, 2003), Bauer & Souza (2005) explicam que a cal hidratada é um pó seco resultante da hidratação da cal virgem (constituída de hidróxido de cálcio ou desse hidróxido juntamente com o hidróxido de magnésio, que pode ter em sua composição, ou não, óxido de magnésio). Carasek *et. al.* (2001), acrescenta que as cales podem ser classificadas segundo sua composição química:

- Cálcica: teor de CaO ≥ 90% em relação aos óxidos totais;
- Magnesianas: 65% < CaO < 90%;
- Dolomítica: teor de CaO ≤ 65%.

A cal, é um material tradicionalmente utilizado como um dos constituintes das argamassas. Atualmente, com o aprimoramento do uso de aditivos, a cal tem sido deixada de lado em alguns casos (Da Silva, 2006). Porém Rago & Cincotto (1999), explica que esse fato pode ocasionar danos a durabilidade do revestimento.

Os autores acrescentam que no estado fresco, a cal garante uma plasticidade maior à argamassa, alcançando uma melhor trabalhabilidade e, como consequência, uma maior produtividade na execução do revestimento. Assim, as argamassas possuem uma maior capacidade de absorver deformações, contudo, ocasiona uma redução na aderência em sua resistência mecânica (SZLAK *et al.* 2002). A retenção de água é outra propriedade a ser observada no estado fresco da cal, pelo fato da mesma não permitir uma sucção excessiva de água pela base do material (Rago & Cincotto, 1999).

4.1.3 Água

A água é o componente que permite a ocorrência das reações entre todos os elementos. Sua quantidade utilizada, deve seguir ao traço estabelecido, por ser um componente que possui influencia diretamente as propriedades que se quer alcançar (SZLAK *et al.* 2002). Sendo a água potável, livre de impurezas, a mais indicada para utilização na produção das argamassas.

4.1.4 Agregados

Segundo De Hanai (1992), os agregados utilizados em argamassas são areias retiradas de leitos fluviais e de outras jazidas naturais, ou artificiais,

De acordo com o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, 2015), os agregados para a construção civil são granulares, sem volume e formas definidos, que possuem características para serem utilizados em obras de engenharia civil, como a pedra britada, as areais naturais ou as obtidas por moagem de rocha, além de argilas e dos substitutivos como resíduos inertes reciclados, produtos industriais, entre outros.

Os agregados formam 70% do volume total dos produtos em que se utilizam os agregados e possuem uma importante função na redução da retração das pastas formadas por água e cimento. Além de causarem grande impacto na resistência mecânica das argamassas e dos concretos. (RIBEIRO *et al.* 2011).

A classificação dos agregados varia de acordo com a sua origem, sua dimensão (miúdo ou graúdo) e seu peso específico aparente. De acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2009), determina-se como agregado miúdo o material que é passante pela peneira com abertura de malha de 4,75mm, ficando retida na peneira com abertura de malha 150mm. E, denomina-se como agregado graúdo, o material passante pela peneira de abertura de malha de 75mm e que ficam retidos na peneira de malha de 4,75mm.

O Brasil, é um dos poucos países que possui normas específicas para a utilização de agregados reciclados. As normas existentes, são as NBR 15/112/04, NBR 15113/04, NBR 15114/04, NBR 15115/04 e NBR 15116/04. Elas compreendem o processo de tratamento dos resíduos, deste áreas de aterro, triagem, diretrizes até a reciclagem e os procedimentos para utilização desses resíduos em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural.

Levy (2007) acrescenta que para utilização da substituição dos agregados naturais pelos agregados reciclados, são necessários mecanismos de fiscalização, que poderia sanar parte dos problemas, e em contrapartida, se não existir um certo controle, pode-se surgir manifestações patológicas e alguns danos as estruturas.

A granulometria dos agregados para argamassas, deve ser preferencialmente contínua, para se obter uma melhor trabalhabilidade e ocasionar uma redução do volume de pasta e efeitos da retração por secagem dos revestimentos.

4.2 ANÁLISE DE PROPORÇÕES

A argamassa é um resultado básico de uma mistura de cimento, água e agregados. Portanto, existem duas relações importantes a serem levadas em consideração: as relações água/cimento e pasta/agregado.

Segundo Hanai (1992), a relação água/cimento é um fator que possui grande influência não somente na determinação das características de trabalhabilidade e consistência das argamassas, como também nas propriedades da argamassa endurecida. O autor acrescenta que, as propriedades mecânicas dependem diretamente dessa relação. Uma pequena quantidade de água pode ser adicionada no cimento para que ele sofra a reação de hidratação (ASKELAND, 2006), interferindo nas propriedades que se quer alcançar.

Já a relação pasta/agregado é um fator que influencia diretamente nas propriedades químicas, físicas e mecânicas das argamassas, devido a diluição ou de concentração desta pasta e da distribuição do agregado (BUCHER, 1983).

4.3 TIPOS DE ARGAMASSAS

Carasek (2010) define que as argamassas são classificadas de acordo com vários critérios, apresentados no Quadro 3, e que as mesmas são classificadas de acordo com sua função, apresentadas no Quadro 4.

Quadro 3: Classificação das argamassas

Critério de classificação	Tipo
Quanto à natureza do aglomerante	- argamassa aérea; - argamassa hidráulica;
Quanto ao tipo de aglomerante	- argamassa de cal; - argamassa de cimento; - argamassa de cimento e cal; - argamassa de gesso; - argamassa de cal e gesso;
Quanto ao número de aglomerantes	- argamassa simples; - argamassa mista;

Fonte: Carasek (2010)

Quadro 3: Classificação das argamassas

Critério de classificação	Tipo
Quanto à consistência da argamassa	- argamassa seca; - argamassa plástica;- argamassa fluida;
Quanto à plasticidade da argamassa	- argamassa pobre ou magra; - argamassa média ou cheia; - argamassa rica ou gorda;
Quanto à densidade de massa da argamassa	- argamassa leve; - argamassa normal; - argamassa pesada;
Quanto à forma de preparo ou fornecimento	- argamassa preparada em obra; - mistura semipronta para argamassa; - industrializada; - dosada em central

Fonte: Carasek (2010)

Quadro 4: Classificação das argamassas segundo as suas funções na construção

Função	Tipos
Para construção de alvenarias	- Argamassa de assentamento (elevação da alvenaria) - argamassa de fixação (ou encunhamento) – alvenaria de vedação
Para revestimento de paredes e tetos	- argamassa de chapisco - argamassa de emboço - argamassa de reboco - argamassa de camada única - argamassa para revestimento decorativo monocamada
Para revestimento de pisos	- argamassa de contrapiso - argamassa de alta resistência para pisos
Para revestimentos cerâmicos (paredes/pisos)	- argamassa de assentamento de peças cerâmicas – colante - argamassa de rejuntamento
Para recuperação de estruturas	- argamassa de reparo

Fonte: Carasek (2010)

Já Ribeiro *et al.* (2011), classificam as argamassas diante a sua utilização, argamassas de assentamento, revestimento, acabamento e colantes, que estão diretamente ligadas com a trabalhabilidade do material.

4.3.1 Argamassas de assentamento

As argamassas de assentamento possuem algumas funções de unir os elementos que formam a alvenaria, distribuindo uniformemente as cargas aplicadas, absorvendo as deformações naturais e vedando as juntas de alvenaria contra a entrada de água da chuva, (Pereira, 2010).

4.3.2 Argamassas de revestimento

Carasek (2010) explica que denomina-se argamassas de revestimento, aquelas que são utilizadas para revestir paredes e tetos, nas quais, geralmente, recebem algum outro tipo de acabamento, sejam eles revestimentos cerâmicos, pinturas, entre outros. De acordo com Lapa (2011), os revestimentos de argamassas podem ter duas classificações, vedação vertical ou vedação horizontal, exterior ou interno, monolítico e aderente. E, denominada camada única (massa única) ou denominada de duas camadas (emboço e reboco).

Quando o revestimento executado é denominado camada única, o mesmo possui funções de regularizar a base e o acabamento. Em contrapartida, quando se denominada duas camadas, cada uma das camadas possui função diferente, o emboço é o responsável pela regularização da base. E o reboco terá a função de uma camada de revestimento.

De acordo com Maciel *et al.* (1998) e Carasek (2010), as funções principais das argamassas de revestimento, são:

- proteger os elementos de vedação, alvenaria e estrutura, da ação direta dos agentes agressivos;
- auxiliar as vedações no cumprimento de suas funções, como o isolamento termo acústico e a estanqueidade à água e aos gases;
- regularizar a superfície dos elementos de vedação para o recebimento de revestimentos ou para constituir-se no acabamento final;
- contribuir para a estética da fachada.

A norma NBR 13749 (ABNT, 2013), estabelece que as argamassas de revestimento devem satisfazer:

- ser compatível com o acabamento decorativo;
- resistir à fração de variações normais de temperatura e umidade do meio;
- ter resistência mecânica decrescente ou uniforme a partir da primeira camada em contato com a base, sem comprometer a sua durabilidade ou o seu acabamento final;
- ter propriedade hidrofugante, no caso de revestimento externo de argamassa aparente, sem pinturas e base porosa;

- ter propriedade impermeabilizante, no caso de revestimento externo em contato com o solo;
- ser constituído por uma ou mais camadas superpostas de argamassas contínuas e uniformes.

4.3.3 Argamassa de acabamento

Ribeiro *et al.* (2011) afirmam que estas são usadas para representar a forma final de um determinado acabamento. A NBR 13529 (ABNT, 2013), apresenta alguns termos para diferentes efeitos no acabamento da superfície como chapiscado, sarrafeado, camurçado, desempenado, imitação travertino, lavado e raspado.

4.3.4 Argamassa colante

Ribeiro *et al*. (2011) definem a argamassa colante como sendo "[...] uma mistura de aglomerantes, agregados e aditivos, que tem, como principal característica, necessitar apenas da adição de água para ser prontamente utilizada na obra". A NBR 14.081 (ABNT, 2004) apresenta como característica da argamassa colante o elevado tempo em aberto, seu alto deslizamento e a boa resistência de aderência à tração. Póvoas (1999) caracteriza esse material pelo índice de consistência-padrão, densidade de massa aparente, teor de ar incorporado, aderência e deslizamento.

Para Isaia (2010), argamassas colantes são utilizadas no assentamento de cerâmicas, ladrilhos, pastilhas e pedras, cuja função se baseia em "colar" o material cerâmico no substrato, além de absorver as deformações que o material estará sujeito ao ser aplicado.

4.4 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS

4.4.1 Trabalhabilidade

De acordo com Lapa (2011), a trabalhabilidade das argamassas é uma das principais características no estado fresco, diante de sua obrigatoriedade para que possa ser convenientemente utilizada. Carasek (2010) afirma que essa característica garante o desempenho adequado do revestimento e melhores condições de execução. Cincotto *et al.* (1995), acrescenta que a trabalhabilidade é resultado de uma

junção de características. O Quadro 5 apresenta algumas características e suas definições, que estão ligadas a trabalhabilidade.

Quadro 5: Propriedades relacionadas com a trabalhabilidade

PROPRIEDADES	DEFINIÇÃO
Consistência	É a maior ou menor facilidade da argamassa deformar-se sob ação de cargas
Plasticidade	É a propriedade pela qual a argamassa tende a conservar-se deformada após a retirada das tensões de deformação
Retenção de água e de consistência	É a capacidade de a argamassa fresca manter sua trabalhabilidade quando sujeita a solicitações que provocam a perda de água
Coesão	Refere-se às forças físicas de atração existentes entre as partículas sólidas da argamassa e as ligações químicas da pasta aglomerante
Exsudação	É a tendência de separação da água (pasta) da argamassa, de modo que a água sobe e os agregados descem pelo efeito da gravidade. Argamassas de consistência fluida apresentam maior tendência à exsudação
Densidade de massa	Relação entre a massa e o volume de material
Adesão inicial	União da argamassa no estado fresco ao substrato

Fonte: Carasek (2010)

Dentre as características apresentadas no Quadro 6, Lapa (2011) acredita que a consistência e a plasticidade são uma das principais características que determinam uma melhor trabalhabilidade das argamassas de revestimento.

Além disso, caso as argamassas de revestimento não obtiverem uma boa trabalhabilidade e não garantir sua correta aplicação, perderá no desempenho do revestimento, já que assim, várias propriedades serão afetadas devido as condições de aplicação, como por exemplo, a aderência.

4.4.2 Aderência

Carasek (2010) e Lapa (2011) explicam que aderência é a característica que permite o revestimento absorver tensões tangenciais ou normais na superfície de interface com o substrato, ou seja, é o que mantém o revestimento fixo ao substrato, diante da resistência as ocorridas.

Carvalho Junior (2005) afirma que essa aderência argamassa-substrato pode sofrer influências diante às condições de: base, de execução e da capacidade de retenção de água, da consistência e do teor de ar incorporado da argamassa.

A NBR 13749 (ABNT, 2013) afirma que o limite de resistência de aderência à tração (ra) varia de acordo com o local de aplicação. O Quadro 6 apresenta a variação.

Quadro 6: Limites de resistência de aderência à tração

Local		Acabamento	Ra (MPa)
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	0,20
		Cerâmica ou laminado	0,30
	Externa	Pintura ou base para reboco	0,30
		Cerâmica	030
Teto			0,20

Fonte: NBR 13749 (ABNT 2013)

4.4.3 Permeabilidade à água

Essa característica está relacionada com a estanqueidade da parede, e de grande relevância, principalmente, quando se tratam de revestimentos em fachadas. Outro ponto importante, é quando se trata de regiões que possuem uma alta precipitação volumétrica, uma vez que esse revestimento possui a função de proteger o edifício da infiltração de água. Caso contrário, uma vez que a água infiltra pelas paredes, proporcionará consequências prejudiciais a estética do edifício, outras patologias, e também trará problemas a saúde dos usuários Carasek (2010).

Lapa (2011) acrescenta que diante a existência de fissuras nos revestimentos, o caminho para percolação da água irá até a base e, assim, existirá um comprometimento a estanqueidade da vedação. A permeabilidade à água também depende da natureza da base, da dosagem e da sua composição, além da espessura que a mesma for adicionada e da técnica de execução utilizada.

4.4.4 Durabilidade

Carvalho Junior (2005) explica que essa é uma característica da argamassa que baseia-se no potencial de um revestimento argamassado manter estabilidade física e química, diante sua função ao longo do tempo. Esta está acondicionada por características intrínsecas, diante as condições de agressividade do meio externo que está exposta.

Diante a durabilidade, existem alguns pontos que podem surtir efeito negativo na durabilidade de algum revestimento, como: movimentações de origem higroscópica, térmica, ou por forças externas, promovendo fissuração, desagregação (umidade) e descolamento dos revestimentos, espessura excessiva dos revestimentos, técnica de execução, incompatibilidade química entre os componentes, cultura e proliferação de micro-organismos, entre outros.

4.4.5 Resistência Mecânica

Segundo Lapa (2011), resistência mecânica é a eficiência que a argamassa possui de aguentar as tensões de cisalhamento, tração e compressão que podem ocorrer. Essa propriedade pode ocorrer aumento diante a diminuição da quantidade de agregado na argamassa e diante uma possível variação inversa com a relação água/cimento da argamassa.

A NBR 13281 (ABNT, 2005), classifica as argamassas, diante à resistência à compressão axial, apresentado no Quadro 7 e de acordo com a resistência a tração na flexão, apresentado no Quadro 8. A mesma define também o procedimento experimental.

Quadro 7: Classificação das Argamassas segundo a Resistência à Compressão

Classe	**Resistência à Compressão Axial (MPa)**
P1	≤ 2,0
P2	1,5 a 3,0
P3	2,5 a 4,5
P4	4,5 a 6,5
P5	5,5 a 9,0
P6	> 8

Fonte: NBR 13281 (ABNT 2005)

Quadro 8: Classificação das Argamassas segundo a Resistência à Tração na Flexão

Classe	**Resistência à Tração na Flexão (MPa)**
R1	≤ 1,5
R2	1,0 a 2,0
R3	1,5 a 2,7
R4	2,0 a 3,5
R5	2,7 a 4,5
R6	> 3,5

Fonte: NBR 13281 (ABNT 2005)

5 RESÍDUOS SÓLIDOS

Segundo PORRAS *et al.* (2007) a expansão populacional urbana provoca um aumento na demanda de produtos, bens e serviços, o que leva à necessidade do crescimento industrial e ao consequente aumento na geração de resíduos.

De acordo com a NBR 10.004 (2004) define resíduos nos estados semi-sólidos, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

A classificação dos resíduos sólidos NBR 10.004 (2004) envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido. São classificados em três classes:

- **Classe I – Perigosos:** Aqueles que apresentam periculosidade, risco a saúde pública ou risco ao meio ambiente, ou uma das características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade.
- **Classe II – Não-inertes:** Podem ter propriedades tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I – perigosos ou classe III – inertes.
- **Classe III – Inertes:** Quaisquer resíduos que não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentração superiores aos padrões de potabilidade de água, executando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

5.1 DEFINIÇÃO E COMPOSIÇÃO DOS RCDs

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002) tendo a necessidade de visar a implementação de diretrizes para alcançar uma diminuição dos impactos ambientais causados pela geração de resíduos oriundos da construção civil, uma vez que esse resíduo representa um grande percentual dos resíduos sólidos gerados nas áreas urbanas e que sua má disposição em locais inadequados ocasiona impactos

ambientais. Para melhor entendimento e esclarecimento da resolução, o CONAMA apresenta as seguintes definições:

I - Resíduos da construção civil: são aqueles oriundos de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha;

II - Geradores: são pessoas, físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os resíduos definidos nesta Resolução;

III - Transportadores: são as pessoas, físicas ou jurídicas, encarregadas da coleta e do transporte dos resíduos entre as fontes geradoras e as áreas de destinação;

IV - Agregado reciclado: é o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infra-estrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia;

V - Gerenciamento de resíduos: é o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos;

A Figura 1 apresenta resíduos da construção civil.

Figura 1: RCD

Fonte: Pensamento Verde, 2015

A Resolução CONAMA nº 307 de 2002, diante as seguintes correlações**,** alterada pela Resolução nº 469/2015 (altera o inciso II do art. 3º e inclui os § 1º e 2º do art. 3º), alterada pela Resolução nº 448/12 (altera os artigos 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 e revoga os artigos 7º, 12 e 13), alterada pela Resolução nº 431/11 (alterados os incisos II e III do art. 3º), alterada pela Resolução nº 348/04 (alterado o inciso IV do art. 3º), ainda classifica os resíduos da construção e demolição, como:

I - Classe A: São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fio etc.) produzidas nos canteiros de obras;

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

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

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

Essa Resolução, é a principal se tratando de gestão dos RCD e dispõe sobre a responsabilidade dos municípios implantarem seus planos de gerenciamento, diretrizes e procedimentos para a administração adequada desses resíduos. A NBR 15113:2004 – “Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação”, adota a mesma definição presentes nesta Resolução do CONAMA.

De acordo com Calcado (2015), os estudos no Brasil referentes a utilização dos resíduos de construção e demolição como agregados reciclados, iniciou-se em argamassas por Pinto (1986) e Levy (1997), e em concretos, por Zordan (1997). E,

por volta da década de 90, foram instaladas as primeiras usinas de reciclagem no país.

O RCD é composto por vários tipos de materiais oriundos das mais diversas atividades realizadas pelo setor. Portanto, acredita-se que uma das maiores limitações para o uso desse material, é a vasta gama de sua heterogeneidade. Mesmo que em uma quantidade insignificante, a presença de contaminantes como vidro, plástico, madeira e solos, podem acarretar negativamente nas propriedades dos agregados reciclados produzidos Oper *et al.* (2017). Assim, uma solução para se obter um maior controle dos RCD produzidos, e diminuir consideravelmente a quantidade de contaminantes, é realizar a segregação desse material gerado diante de cada etapa da obra executada.

Os RCDs são vistos como um material com uma baixa peculiaridade, impactando mais pelo grande volume produzido. Porém, em sua heterogeneidade, encontra-se também materiais orgânicos, produtos perigosos e embalagens diversas que podem ajudar na proliferação de insetos e de outras doenças (Karpinsk, 2009).

5.2 PROPRIEDADES DOS AGREGADOS RECICLADOS

A NBR 15116 (ABNT, 2004), define agregado reciclado como um material obtido diante o beneficiamento dos RCDs, possuindo características para que possam ser aplicados em futuras obras. Os agregados reciclados e inseridos em argamassas, devem alcançar algumas exigências apresentadas pela Associação Brasileira para Reciclagem de RCD (ABRECON, 2015). Tais exigências incluem a dimensão máxima característica menor do que 4,8mm (considerado agregado reciclado miúdo), estarem isentos de impurezas e serem provenientes da reciclagem de concretos e blocos de concretos. Quando a granulometria for superior a 4,8mm, o material é considerado como agregado reciclado graúdo.

O agregado é um componente fundamental para a produção de materiais cimentícios e sua qualidade interfere diretamente nas propriedades do material que se quer alcançar (Koper *et al.,* 2017). E, de acordo com Levy (2007), está sendo observado um crescimento de implantação de usinas de reciclagem, com a finalidade de produzir agregados reciclados de diversas frações. Nas Figuras 2 - 5 abaixo,

apresentam-se aspectos dos agregados reciclados produzidos a partir da fração cerâmica oriundos dos entulhos da construção civil.

Figura 1: Brita produzida na usina de Campinas

Fonte: D' Lucca (2005)

Figura 2: Areia produzida na usina de Campinas

Fonte: D' Lucca (2005)

Figura 3: Rachão produzido na URBEM ATT Base Ambiental

Fonte: Gleize (2007)

Figura 4: Agregados reciclados B1 e B2 produzidos

Fonte: Miranda (2006)

Porém, acredita-se que um dos grandes limitadores para utilizar os agregados cerâmicos provenientes de RCD, é a heterogeneidade na composição desse resíduo Silva *et al.* (2009). Essa heterogeneidade é composta, mesmo que em pequenas proporções, por vidro, plástico, madeira e partículas de solo, que são considerados materiais contaminantes, podem interferir diretamente nas propriedades físicas e mecânicas dos agregados produzidos, o que, consequentemente, diminui a resistência à compressão dos concretos.

Assim, outro fator que pode ser realizado com facilidade, tanto durante a execução de obras quanto no processo de demolição da mesma, é uma melhor gestão da separação destes resíduos. Portanto realizar a segregação desses materiais durante o processo de execução e demolição, é primordial para se alcançar um número insignificativo de contaminantes no resíduo cerâmico.

A Tabela 1 apresenta algumas características encontradas diante alguns estudos realizados com os agregados reciclados cerâmicos.

Tabela 1: Principais características do resíduo cerâmico como agregado miúdo

Autor	Gomes -2010	Cabral - 2010	Etxeberria -2014	Alves - 2014	Khatib (2005)	Gonçalves -2007	Mesquita Filho - 2010
Material originário	-	Blocos e telhas cerâmicas	Blocos cerâmicos	Blocos cerâmicos e bacias sanitárias	Bloco cerâmico	Tijolos furados	Telhas e Blocos Cerâmicos
Cominuição	Moinho de rolo	Britador de mandíbula e moinho de rolo	Britador de impacto	Britador de mandíbula	-	Moinho vibratório	Britador de Facas
D_{max}	2,4	4,8	5	4	5	6,3	4,75
MF	2,08	2,5	-	-	-	-	2,15
γ_r(g/cm³)	2,49	2,35	1,98	1,95 – 2,97	2,05	2,65	2,59
Aa (%)	10,8	10,7	14,7	12,2 – 0,2	14,8	-	13,5
Particulas < 75 µm (%)	22,1	-	-	-	-	7,7	-
γ_u (kg/m³)	1,44	1,46	-	1,03 – 1,32	-	-	1,05

Fonte: Adaptado de GOMES *et al.* (2010); CABRAL *et al.* (2009); ETXEBERRIA & VEGAS (2014); ALVES *et al.* (2014); KHATIB (2005); DEBIEB & KENAI (2007); GONÇALVES (2007); MESQUITA FILHO (2010).
Notas: D_{max} - Diâmetro máxino; MF – Módulo de Finura; γ_r –Massa Específica; Aa – Absorção de água; γ_u – Massa Unitária.

Diante dos resultados apresentados na Tabela 1, pode-se observar que os agregados reciclados cerâmicos, são oriundos em sua maioria de blocos, telhas cerâmicas e bacias sanitárias. E que a diversidade desses materiais, geram impactos diferentes nas propriedades alcançadas. Isso ocorre devido o tipo de material que gerou o resíduo cerâmico, diante de suas características e propriedades.

Em geral, observou-se que o agregado reciclado cerâmico possui uma alta absorção de água, variando de 10 a 15% de absorção. Porém, quando Alves (2014) utilizou resíduos de bacia sanitária, este número reduziu significantemente para 0.2% de absorção de água. Debieb & Kenai (2008), acreditam que essa diferença em relação a absorção de água dos resíduos de materiais cerâmicos, podem ser explicados diante à alta porosidade que o material que deu origem ao resíduo, possuía. Outra grande observação foi feita por De Brito *et al.* (2005). Os autores acreditam que uma alta absorção de água, pode ser outro fator limitante para o uso

desses agregados na produção de materiais cimentícios. Uma vez que a mesma pode ocasionar perda na trabalhabilidade, resistência mecânica e na durabilidade do novo material.

A curva granulométrica que os resíduos de materiais cerâmicos geram, em sua maioria, são resultados de um agregado mais grosso em relação ao agregado natural. Porém, ainda assim, o agregado reciclado cerâmico gera uma combinação de uma curva satisfatória para a utilização do agregado reciclado cerâmico (Etxeberria & Vegas, 2014). Essa combinação, ocasiona em um melhor empacotamento da mistura, e uma melhor conectividade entre os grãos.

Jimenéz (2013) acrescenta que outra característica que os agregados cerâmicos apresentam, é pouca atividade pozolânica em sua superfície diante sua composição granulométrica e química. E, a atividade pozolânica aumenta, diante o aumento da área superficial do material cerâmico. Medina (2012) *et al.* explicam que a temperatura de queima dos materiais cerâmicos (em torno de 900ºC) já é necessária para causar ativação das argilas, dando-lhes assim, propriedades pozolânicas. Além, disso, Medina *et al.* (2014), observaram que os agregados reciclados cerâmicos apresentam uma forma mais irregular do que o agregado reciclado natural, o que ocasiona em uma maior ligação entre os agregados cerâmicos reciclados e as pastas de cimento.

5.3 GERAÇÃO DOS RCDs

Existem vários fatores que contribuem para a geração de RCDs durante a atividades de execução ou de demolição de obras. Dentre eles, destaca-se: a gestão adotada pelas construtoras, o gerenciamento e compatibilização dos projetos, logística dos canteiros de obras, técnicas construtivas, mão de obra, materiais, entre outros fatores que podem interferir na geração de RCD. Porém, esse material pode ser reaproveitado, mas não é o que acontece (BOURSCHEID, 2010).

O principal contribuinte para a geração de RCD é o desperdício de insumos de uma construção (SINDUSCON-CE, 2011). Acredita-se que essa geração se dê pela superprodução, produtos defeituosos, por manutenção de estoques, e também durante o processamento e do transporte dos materiais.

Souza (2005) acredita que um dos motivos para e geração de RCD é a falta de controle dos processos construtivos utilizados. O autor afirma que com uma boa compatibilização dos projetos e uma mão de obra mais qualificada para a execução

do mesmo, contribui drasticamente para a redução de geração desses resíduos. Entretanto, as demolições, são atividades que inevitavelmente, geram RCD.

Uma pesquisa realizada pelo SNIS (Brasil, 2010c), diante de dados coletados no ano de 2008, identificou 372 municípios brasileiros que realizam a coleta de RCDs. Os dados obtidos mostram que o Brasil coleta cerca de 7.192.372,71 t/ano de RCDs de origem pública e 7.365.566,51 t/ano de origem privada. A ABRELPE (2011), estimou que a quantidade de RCDs coletadas em 2010, girou cerca de 99.354 t/dia.

Outro dado importante para entendimento da geração de RCDs, é sua composição e sua origem. O Quadro 9 apresenta uma caracterização dos materiais constituintes nos RCDs em obras brasileiras e o Quadro 10 apresenta sua origem.

Quadro 9: Composição média dos RCDs em obras brasileiras

Componentes	**(%)**
Argamassa	63
Concreto e blocos	29
Outros	7
Orgânicos	1
Total	100

Fonte: Santos (2009 *apud* IPEA, 2012)

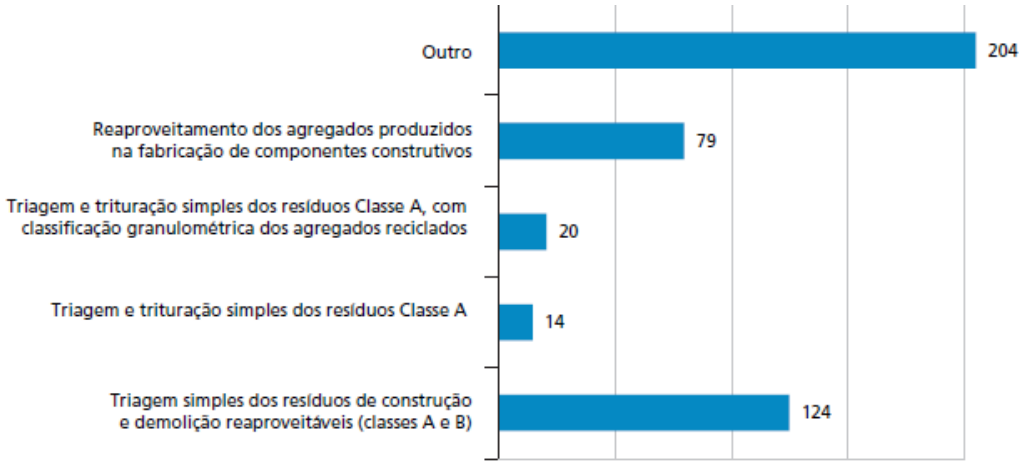
Quadro 10: Fonte geradora e componentes dos RCDs em (%)

Componentes	**Trabalhos rodoviários**	**Escavações**	**Sobras de demolições**	**Obras diversas**	**Sobras de limpezas**
Concreto	48	6,1	54,3	17,5	18,4
Tijolo	-	0,3	6,3	12,0	5,0
Areia	4,6	9,6	1,4	3,3	1,7
Solo, poeira, lama	16,8	48,9	11,9	16,1	30,5
Rocha	7,0	32,5	11,4	23,1	23,9
Asfalto	23,6	-	1,6	1,0	0,1
Metais	-	0,5	3,4	6,1	4,4
Madeira	0,1	1,1	1,6	2,7	3,5
Papel/material orgânico	-	1,0	1,6	2,7	3,5
Outros	-	-	0,9	0,9	2,0

Fonte: Santos (2009 *apud* IPEA, 2012)

De acordo com a PNSB (IBGE, 2010), diante os 5.564 municípios brasileiros, somente 4.031 apresentam serviços de manejo dos RCDs, e desse total, 392 municípios possuem alguma forma de processamento dos RCDs. O Gráfico 1 apresenta o tipo de processamento realizados pelos municípios.

Gráfico 1: Tipo de processamento entre os 392 municípios brasileiros com serviço de manejo de RCDs



Fonte: IBGE (2010)

5.4 INSERÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM ARGAMASSAS

A utilização dos RCD como agregados reciclados, é uma possibilidade que vem sendo estudada por vários autores, (Gomes, 2010; Oliveira, 2011; Jochem, 2012; Araújo, 2016). De acordo com Mália (2010), a reutilização e a reciclagem podem oferecer benefícios, como a redução à extração de recursos naturais, diminuição da energia necessária para a produção de novos materiais, e acarreta na utilização dos resíduos que possuem o aterro como destino final.

Oliveira (2015), acrescenta que quando os RCDs forem peneirados, se alcançará uma mistura de areia e argamassa. Assim, os RCDs podem ser utilizado e inserido no processo de fabricação de argamassas de assentamento, revestimentos e outras, substituindo os agregados naturais.

São inúmeros os componentes do RCD, cada um pode ter um diferente uso quanto a sua reciclagem. O Quadro 11, apresenta alguns materiais, sua composição e como eles podem ser utilizados após o processo de reciclagem.

Quadro 11: Material, composição e benefícios

MATERIAL	COMPOSIÇÃO	O QUE SE GANHA COM SUA RECICLAGEM?
Fração cerâmica	Tijolo branco, bloco cerâmico, telha cerâmica, azulejo cerâmico, revestimento cerâmico, tubulação cerâmica, louça cerâmica e outros derivados	Aplicado como concreto de menor resistência, por exemplo: bloco, contra pisos, passeio e outros. Pode ser aplicado com argamassa de assentamento ou na forma de sub-base de calçamento, pavimentação, lastros em lagos, córregos e represas
Fração de concreto e rocha natural	Brita, bloco de concreto, peça pré-moldada de concreto, bloco de concreto, sobra de concreto, viga, pilar e outros	Indicado para produção de concreto estrutural, como agregados em artefatos de concreto e como cascalho granulado para regularização de vias não pavimentadas. Dependendo da granulometria, pode até substituir a pedra britada na construção de lastros e vias
Fração de argamassa	Areia, cimento e cal	Usado na preparação de massas de assentamentos de tijolos e blocos e revestimento de paredes. Com este há redução do traço de areia e cal

Fonte: Adaptado de Silva & Santos (2014)

Com o intuito de conhecer melhor essa substituição do agregado natural pelo agregado reciclado proveniente de RCDs, foi realizado um levantamento com as propriedades alcançadas em argamassas diante essa substituição. A Tabela 2 apresenta algumas características encontradas, referentes a inserção de RCD em argamassas.

Tabela 2: Influência do RCD nas propriedades das argamassas

	De Assunção (2007)	Gomes (2010)	Oliveira (2011)	Jochem (2012)	Araújo (2014)
Substituição (agregado)	Miúdo	Miúdo	Miúdo	Miúdo	Miúdo
RCD (%)	30 - 50	30 - 50	10 - 50	6 - 35	20 - 100
Relação a/c	1.32 – 1.38	2.3 – 2.1	0.73 – 0.76	1.57 – 1.82	-
Aditivos	3 ml	-	-	-	0.10 – 0.30
Slump (mm)	270 ± 10	255 - 265	260 ± 10	238 - 175	260 ± 5
Abs. de Água (%)	-	-	-	4.3 – 2.2	25.5 – 21.9
R. Compressão (%)	↑ 64	↑ 46	↑ 68	↓	↑ 98
R. Tração na flexão (%)	↑ 29	↑ 33	-	-	↑ 36
R. à aderência à tração	↓ 32	-	↑	↑	-
Retenção de água (%)	-	94 - 85	-	98	79 - 89
Ar Incorporado (%)	↓ 48	↓ 50	-	↓ 11	12 – 16

Fonte: Adaptado de De Assunção *et al.* (2007); Gomes (2009); Oliveira *et al.* (2011); Jochem *et al.* (2012) e Araújo (2014)

Diante dos resultados obtidos na Tabela 2, observa-se uma grande proximidade em relação aos teores de substituição que são utilizados. As relações água/cimento encontradas, na maioria dos casos, tendeu-se a aumentar. De Oliveira & Cabral (2011) explicam que devido a quantidade de partículas menores que 75 micrometros, a área superficial é maior, exigindo assim uma maior quantidade de água para se alcançar uma boa resistência. Já Gomes *et al.* (2010), observou que quando a substituição do agregado natural é parcial em relação ao agregado miúdo reciclado, a relação água/cimento não apresentou variação significante. Apresentando assim, pouca influência na consistência das argamassas produzidas com inserção dos RCD em relação as argamassas convencionais.

Araújo (2014) observou uma diminuição em relação a absorção de água, apresentada na Tabela 2. O autor explica que essa redução se justifica por um melhor empacotamento das misturas, ocasionando assim, uma redução dos raios capilares. Outra hipótese, é devido a porosidade e a permeabilidade que apresentam. A absorção está ligada com o índice de vazios. Ou seja, as misturas que possuíam um índice de vazios maior, apresentaram uma maior absorção de água. Jochem *et al.*

(2012), acredita que essa diminuição na absorção também esteja relacionada à cura interna das amostras. Com o passar do tempo, à água contida no interior dos grãos vai sendo liberada, o que auxilia na hidratação do cimento, ocasionando uma permeabilidade e uma baixa porosidade. As argamassas que tiveram uma quantidade de finos baixa, acarretou em deixar poros vazios interligados o que auxilia no transporte da água no interior das argamassas.

Jochem *et al.* (2012) encontraram um alto valor no que se refere a retenção de água, girando em torno de 98%, os autores acreditam que isso ocorreu devido ao entulho, principalmente a fração argilosa do material. Camargo (1995), explica que essa fração argilosa, acaba retendo uma maior quantidade de água e ocasionando em uma melhor hidratação do cimento, diminuindo a retração e o surgimento de fissuras ao longo do tempo. Já Gomes *et al.* (2010), observou que quando se realiza um aumento de substituição do agregado natural, pelo resíduo, ocorre um aumento na retenção de água. Porém, observou-se que quando o teor de substituição é maior, não ocorre muita variação dessa propriedade em relação as argamassas de referência.

Os autores afirmam que este resultado deve ser melhor investigado, devido se esperar que o aumento de materiais finos, ocasione em uma maior retenção. Silva (2006) acrescenta que isso pode ter ocorrido diante a adsorção de água à superfície das partículas, que, outros fatores, essa presença de materiais finos, aumentam sim a retenção de água.

Araújo (2014) avaliou a densidade no estado fresco das argamassas e observou uma redução dessa propriedade. O autor explica que essa diminuição ocorre diante dos agregados naturais serem mais densos do que o agregado reciclado. E, como a quantidade de água utilizada nas misturas foi mantida, não se obteve uma interferência na variação desses resultados das argamassas confeccionadas.

Jochem *et al.* (2012) foram os únicos autores que avaliaram o módulo de elasticidade das argamassas produzidas com o RCD, o que implica em uma falta de informações sobre o comportamento dessa propriedade, tendo a necessidade de se desenvolver mais estudos referentes a mesma. Os autores observaram um aumento dessa propriedade. Eles não consideram um ponto positivo. Os autores avaliaram esta substituição para fins de argamassas de revestimento. Portanto, acredita-se que um maior modulo de elasticidade, ocasionará em um pior desempenho de argamassas

com esta finalidade, uma vez que quando maior o módulo de elasticidade, mais rígida será a argamassa produzida.

Já em relação as propriedades mecânicas obtidas, Lana (2011) acredita que pode ocorrer aumento da resistência mecânica diante uma menor quantidade de agregado na argamassa e diante uma possível variação inversa com a relação água/cimento da argamassa. Porém, a Tabela 2 nos permite observar que, a resistência a compressão, no geral, tendeu-se a aumentar diante de uma quantidade de até 40% de substituição. Gomes *et al.* (2010), afirma que esse aumento se deve a diminuição da relação água/cimento e do teor de ar incorporado. Araújo (2014), acrescenta que esse aumento também pode estar relacionado com um melhor empacotamento das misturas, alcançadas por uma boa granulometria dos agregados reciclados, e mantendo a mesma quantidade de água para todos os teores.

Entretanto, Jochem *et al.* (2012) encontrou resultados contrários aos demais autores em relação a resistência à compressão. O autor constatou uma diminuição da propriedade. De Oliveira & Cabral (2011) acreditam que com uma inserção maior dos agregados miúdos reciclados na mistura, acarreta em um aumento na quantidade de água necessária para se manter a consistência das argamassas. Portanto, esse aumento da quantidade de água ocasiona em uma redução da resistência a compressão, devido à alta porosidade ocasionada pelo resíduo nas misturas.

No geral, os resultados encontrados na resistência à aderência à tração, foram positivos. De Oliveira & Cabral (2011) afirmam que essa melhora pode ter sido ocasionada devido uma maior absorção de água que os agregados reciclados possuem. Isso faz com que haja uma melhor hidratação dos grãos de cimento e em uma formação superior de cristais hidratados, que penetram no substrato, ocasionando um fortalecimento a aderência (Lima, 2005; Corinaldesi & Moriconi, 2009; Moriconi *et al*.,2009).

De Assunção *et al.* (2007) e Araújo (2014) utilizaram aditivos em suas misturas. O uso de aditivos ocasionou em uma melhora das propriedades alcançadas. Araújo (2014) explica que o uso de aditivo é justificado pelo alto nível de absorção de água que os agregados reciclados apresentam, diante de sua textura e morfologia. O uso também permitiu compensar uma perda na trabalhabilidade, evitando um aumento de água na mistura, uma vez que a utilização não interferiu na resistência e na durabilidade das argamassas produzidas.

5.5 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO NATURAL PELOS AGREGADOS RECICLADOS CERÂMICOS EM ARGAMASSAS

Afim de analisar a influência que o agregado reciclado cerâmico ocasiona nas propriedades que se quer alcançar em argamassas, foi realizado um levantamento do que tem sido estudado referente a substituição do agregado natural, pelos agregados reciclados cerâmicos, apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Influência dos agregados reciclados cerâmicos nas propriedades das argamassas

	Silva (2009)	Jimenéz (2013)	Matias (2014)	Farinha (2015)	Lima (2016)
Material Originário	Peças cerâmicas	Bloco	Telhas e blocos	Louça sanitária	Vidro
Substituição (agregado)	Miúdo	Miúdo	Miúdo	Miúdo	Miúdo
RCD (%)	20 - 100	0 – 40	20 - 40	10 - 20	25 - 50
Relação a/c	1.28 – 2.10	0.93 – 1.12	1.3 – 2.2	1.1 – 0.94	-
Aditivos	-	-	-	-	-
Slump (mm)	255 ± 10	175 ± 10	150 ± 10	175 ± 3	255 ± 10
Água adicionada (g)	-	531 - 638	-	-	356 - 322
Abs. de Água (%)	-	↑ 6		↓	-
Densidade c. fresco (%)	↓ 9.5	↓ 4.3	-	↑ 1.8	-
R. Compressão (%)	↓	↑	↑	↑ 140	↑ 24
Mod. Elasticidade (%)	-	-	-	↑ 54	-
R. Tração na flexão (%)	↑ 134	↑	↑	↑ 44	↑ 34
Retenção de água (%)	↑ 20	-	-	-	-
Ar Incorporado (%)	-	C	-	-	-

Fonte: Adaptado de Silva *et al.* (2009); Jimenez *et al.* (2013); Matias *et al.* (2014); Farinha *et al.* (2015), Lima *et al.* (2016)
Notas: C – constante.

A partir dos resultados apresentados na Tabela 3, observa-se que existe uma amplitude de diferentes tipos de materiais cerâmicos, dentre eles, destacam-se vidro, peças cerâmicas, blocos e louças sanitárias, que já tiveram alguns estudos referentes a substituição desses tipos de materiais cerâmicos, em argamassas.

De um modo geral, uma pesquisa realizada por Farinha *et al.* (2015), que substituíram o agregado natural por agregado reciclado cerâmico provenientes de louças sanitárias nas frações de 10, 15 e 20%, alcançaram resultados mais satisfatórios que os demais materiais cerâmicos apresentados. Essa substituição, ocasionou em uma diminuição na absorção de água e um aumento nas demais propriedades analisadas. Os autores explicam que essa diminuição pode ser explicada diante um efeito de enchimento e um pequeno potencial pozolânico que as louças sanitárias apresentam. As partículas desse resíduo preenchem os vazios, diminuindo o tamanho dos poros e a porosidade aberta. Estes diminuem quando existe uma maior incorporação de finos.

Nas demais pesquisas, observou-se um aumento na absorção de água das argamassas produzidas com outros tipos de agregados reciclados cerâmicos. Silva & Bellei (2018) acreditam que esta maior absorção de água é consequência da diferença do teor de finos dos agregados. Silva *et al.* (2009) explicam que até 20% de substituição, a absorção de água diminui, e com substituições superiores, a mesma aumenta. Os autores explicam que este aumento ocorre diante a alta absorção de água devido a excessiva ação capilar.

A absorção de água causado pelo resíduo em um valor alto (Silva & Santos, 2014), acarreta em uma piora diretamente em quase todas as propriedades que se quer alcançar nas argamassas. Portanto, estudos devem ser realizados para que seja implementado novas práticas para que o resíduo receba um tratamento ideal antes de ser inserido na matriz.

Em todos os estudos apresentados constatou-se uma alta relação a/c. Porém, Farinha *et al.* (2015) apresentaram uma redução dessa relação diante o acréscimo do teor de finos nas misturas. Silva *et al.* (2009), Braga *et al.* (2012) e Oliveira *et al.* (2013) verificaram que incorporação de resíduos de cerâmica vermelha, concreto e vidro até 10%, 15% e 20% diminuíram o coeficiente capilar. Segundo esses autores, o maior percentual de incorporação de cada resíduo produz o menor coeficiente de capilaridade.

Lapa (2011) explica que a trabalhabilidade das argamassas é uma das principais características no estado fresco, para que se possa utilizar a argamassa produzida. Carasek (2010) afirma que essa característica garante o desempenho adequado do revestimento e melhores condições de uso. A trabalhabilidade incluiu

consistência, plasticidade, retenção de ar e de água, exsudação, densidade e coesão. Portanto, Silva *et al.* (2009) observaram um aumento na retenção de água das argamassas produzidas com agregados reciclados provenientes de peças cerâmicas. A NBR 13277 (ABNT, 2005), determina que a retenção de água é considerada normal quando a mesma apresentar valores ente 80 e 90%. Os autores acrescentam que a retenção de água é uma propriedade que está associada com a trabalhabilidade das argamassas quando as mesmas são submetidas a situações que ocasionam uma perda de água, como a evaporação. Foi observado também, uma queda na trabalhabilidade. Quanto maior a substituição do agregado natural pelo agregado reciclado cerâmico, mais água foi necessária para se manter a trabalhabilidade das misturas.

Silva *et al.* (2009) e Jimenéz *et al.* (2013) observaram uma redução linear na densidade das argamassas no estado fresco. Os autores explicam que isso ocorre porquê a densidade dos materiais cerâmicos provenientes de blocos são menores do que a densidade do agregado natural. Jimenéz *et al.* (2013) acrescentam que diante uma taxa de 5% de substituição, observou-se uma diferença significativa em relação as argamassas de referência. Esta diminuição também ocorreu em um estudo realizado por Oliveira *et al.* (2013). Os autores explicam que seus resultados obtiveram um aumento na incorporação de ar, com agregados reciclados cerâmicos oriundos de vidro, o que ocasionou diminuição na densidade no estado fresco das argamassas.

Porém, Farinha *et al.* (2015) observaram um aumento dessa propriedade. Os autores utilizaram agregados reciclados oriundos de bacias sanitárias. Eles explicam que os agregados miúdos ocuparam os vazios que antes eram previamente preenchidos por água, devido um efeito de enchimento ocasionado pelo material.

Independente do teor de substituição e das idades de realização dos testes, observou um aumento também no módulo de elasticidade das argamassas. Este fato ocorreu devido à ocupação dos vazios pelas partículas finas. Assim, as argamassas se tornaram mais compactas e consequentemente, acarretando um aumento no módulo de elasticidade (Farinha *et al.* 2015).

Em relação aos resultados obtidos das propriedades mecânicas, foram alcançados um aumento, em sua maioria. Lima *et al.* (2016) explicam que esse aumento foi observado quando foi utilizado agregados reciclados cerâmicos oriundos

do vidro, diante da constatação de que esse agregado reciclado pode ter sofrido reações pozolânicas, uma vez que esse fato melhora a matriz e a zona de transição entre a pasta e o agregado, e assim, causando melhoria nas propriedades mecânicas das argamassas.

Silva *et al.* (2009) acreditam que esse aumento possa ser não somente diante o efeito pozolânico e reações físicas (adsorção, forma e rugosidade) que o agregado reciclado apresentou, mas que também pode ter sido influenciado diante outras substâncias químicas presentes. Jimenéz *et al.* (2013) e Farinha *et al.* (2015) afirmam que além do efeito pozolânico, a maior quantidade de finos nas argamassas, diante um maior preenchimento dos poros, podem ter ocasionado este aumento nas propriedades mecânicas. Farinha *et al.* (2015) acrescentam que a maior quantidade de finos ocasionou uma maior compactação das argamassas, tornando-as mais resistentes.

Diante a vasta diversidade de tipos de materiais cerâmicos, é ideal que se utilize cada um separadamente, e que seja realizado uma análise mais detalhada do tipo de material cerâmico que se quer utilizar. Assim, poderá obter um maior controle do material, e entender de uma forma mais clara a sua influência nas argamassas produzidas com este agregado reciclado e tentando identificar um teor ideal de substituição para cada um.

Carvalho Junior (2006) ressalta a importância da durabilidade de uma argamassa, por ser uma propriedade que mantem a estabilidade física e química, diante do tempo. Medina *et al.* (2015) acreditam que para analisar esta durabilidade existem dos meios: diretos (ataques de cloretos e carbonatação) e indiretos (através da absorção de água, permeabilidade de ar e água, porosidade e resistividade elétrica).

Através do levantamento realizado na Tabela 3, constatou-se a falta de avaliar a durabilidade das argamassas com substituição do agregado natural pelo agregado reciclado cerâmico, principalmente pelas análises diretas, avaliando a mesma em relação aos ataques de cloretos e carbonatação.

Diante esta falta de informação, pode-se concluir que existe uma falta de aparelhagem para que seja realizado análises dos indicares de durabilidade, como por exemplo, ensaios para verificar a porosidade das argamassas, ataque de cloretos, carbonatação, e resistividade elétrica das argamassas produzidas.

6 LIMITAÇÕES OBSERVADAS PARA O USO DE AGREGADOS RECICLADOS CERÂMICOS EM ARGAMASSAS

Diante os levantamentos realizados, algumas limitações e observações em relação a utilização dos agregados reciclados cerâmicos em argamassas, foram observadas. Uma delas, vista como uma limitação principal, é a capacidade de absorção de água que esses resíduos possuem. Silva & Santos (2014) acreditam que esse fato ocorre diante um aumento dos agregados. Outra conclusão é que diante uma maior utilização de agregados reciclados cerâmicos miúdos, acarretam em uma área superficial maior, e consequentemente, uma maior absorção de água. Assim, foi constatado que grandes teores de substituições são menos viáveis. Portanto, devem ser aprimorados novas técnicas para uma possível redução na absorção de água das argamassas produzidas com esta substituição, possibilitando a utilização de maiores teores de agregado reciclado cerâmico.

Outro ponto observado por Silva *et al.* (2009), é a heterogeneidade desse resíduo. Pôr o material ser coletado principalmente de um montante de RCDs, a heterogeneidade e a presença de contaminantes, podem ser consideradas fortes dificuldades para realizar sua reciclagem. Mesmo em pequena quantidade, a presença de contaminantes como vidro, plástico, madeira e solos, podem reduzir significativamente a resistência a compressão de concretos, o que interfere diretamente nas propriedades físicas e mecânicas dos agregados produzidos, acrescenta Oper *et al.* (2017).

A Tabela 3 nos permitiu comprovar a necessidade de realizar a separação desses materiais. É ideal que se utilize cada um separadamente, e que seja realizado uma analise mais detalhada do tipo de material cerâmico que se quer utilizar. A diversidade desses materiais, geram impactos diferentes nas propriedades que se quer alcançar. Isso ocorre devido ao tipo de material que gerou o resíduo cerâmico, diante suas características e propriedades. Assim, poderá obter um maior controle do material, e entender de uma forma mais clara a sua influência nas argamassas produzidas com este agregado reciclado, tentando identificar um teor ideal de substituição para cada um, e diminuindo a quantidade de contaminantes.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos itens abordados pode-se observar uma vasta quantidade de resíduos oriundos de materiais cerâmicos existentes, e que cada um pode alcançar impactos diferentes diante a substituição do agregado natural pelo agregado reciclado cerâmico. Este fato pode ser explicado diante o processo de fabricação de cada tipo de material cerâmico e as propriedades que cada um possui.

Diante a diversidade de resíduos de materiais cerâmicos que foram utilizados, em sua maioria, alcançou-se bons resultados. Porém, uma pesquisa desenvolvida por Farinha *et al.* (2015), que utilizou substituição do agregado natural pelo agregado reciclado cerâmicos provenientes de bacias sanitárias, obtiveram resultados mais satisfatórios diante os demais. Os autores explicam que esses resultados positivos podem ser oriundos diante uma capacidade que esse material tem de preenchimento. Os agregados ocupam vazios que antes eram preenchidos por água, e consequentemente, diminuem a quantidade de água absorvida, ocasionando uma melhora nas propriedades encontradas.

A absorção de água é uma das principais propriedades que não obteve resultados tão satisfatórios na maioria dos estudos. Em geral, observa-se que o teor de substituição em até 20%, acarreta em uma diminuição da absorção de água. Porém, na medida que o teor de substituição aumenta, consequentemente, ocorre um aumento desta propriedade.

Em geral, alcançou-se bons resultados diante as propriedades mecânicas das argamassas. Porém, uma falta de análises diante a durabilidade das argamassas produzidas com agregados reciclados cerâmicos, foi observado.

Assim, é possível constatar a viabilidade da substituição do agregado natural pelos agregados reciclados cerâmicos. Porém, observa-se uma necessidade do aprimoramento de novas técnicas e de um determinado tratamento no resíduo para que o mesmo possa ser utilizado com uma maior capacidade de ocasionar melhoria nas propriedades das argamassas. Devendo ser realizado as análises de utilização de cada tipo de material cerâmico separadamente. E, um maior foco na durabilidade alcançada nas argamassas com essa substituição de agregados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasielira PARA Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição - ABRECON. **Mercado.** Disponível em: <https://abrecon.org.br/entulho/mercado/>. Acesso em: 15 set. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE . **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2010**. Abrelpe, 2011. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/downloads/Panorama2010.pdf>.

AKHTAR, A; SARMAH, A. K., Construction and demolition waste generation and properties of recycled aggregate concrete: A global perspective, **Journal of Cleaner Production**, v. 186, p. 262–281, 2018.

ALVES, A. V. *et a.* Mechanical properties of structural concrete with fine recycled ceramic aggregates., **Construction and Building Materials.** v. 64, p. 103–113, 2014.

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

ASKELAND, D. R; FULAY, P. P; WRIGHT, W. J. **The science and engineering of materials.** 6ª ed. 2006.

Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP. **Guia básico de utilização do cimento Portland.** 7.ed. São Paulo, 2002. 28p. (BT-106).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 10004: **Resíduos sólidos – Classificação.** Rio de Janeiro, 2004.

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

_____ NBR 7175: **Cal hidratada para argamassas – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2003.

_____ NBR 13529: **Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Terminologia.** Rio de Janeiro, 2013.

_____ NBR 13749: **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Especificação.** Rio de Janeiro, 2013.

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

_____ **NBR 14081:** Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

_____ NBR 15112: **Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro, 2004.

_____ NBR 15113: **Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro, 2004.

_____ NBR 15114: **Resíduos sólidos da Construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro, 2004.

_____ NBR 15115: **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.** Rio de Janeiro, 2004.

_____ 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 13277: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água.** Rio de Janeiro, 2005.

_____ NBR 7211: **Agregados para concreto – Especificação.** Rio de Janeiro, 2009.

BAUER, E.; SOUSA, J. G. G. de. Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades. Brasília: LEM-Unb; Sinduscon, 2005.

Braga M, de Brito J, Veiga R. Incorporation of fine concrete aggregates in mortars. **Constr Build Mater,** 2012.

BUCHER, H. R. E. Propriedades das argamassas. São Paulo, 1983. Notas sobre palestra proferida no 1º Ciclo de Palestras sobre Tecnologia da Argamassa Armada. São Carlos, out, 1983.

BOURSCHEID, A. B.; SOUZA, R. L. **Resíduos de construção e demolição como material alternativo**. 1ª edição. Florianópolis, Publicações do IF-SC, 2010.

CALCADO, G. C. S. Influência da adição de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição no desempenho de argamassas de cimento Portland. 114 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

CAMARGO, A. Minas de entulho. **Revista Téchne.** n 15. Editora Pini, p.15, 1995.

CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIA, G. C. (Ed). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** São Paulo: IBRACON, 2010.

CARVALHO JUNIOR, A. N. **Avaliação da aderência dos revestimentos argamassados: uma contribuição à identificação do sistema de aderência mecânico.** Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 331f, 2005.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 307: Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, 2002.

CONTRERAS, M. *et al*. Recycling of construction and demolition waste for producing new construction material (Brazil case-study), **Construction and Building Materials**, v. 123, p. 594–600, 2016.

CORINALDESI, V.; MORICONI, G., Behaviour of cementitious mortars containing different kinds of recycled aggregate. **Construction and Building Materials. (23)**, p. 289–294 (2009).

CORINALDESI, V., Mechanical behavior of masonry assemblages manufactured with recycled-aggregate mortars. **Cement and Concrete Composites.** v 31, p. 505-510 (2009).

CORREIA, J. R; DE BRITO, J; PEREIRA, A. S. Effects on concrete durability of using recycled ceramic aggregates. **Materials and Structures.** v. 1, p. 1–7, 2005.

D' LUCCA, C. Fotos das usinas de reciclagem em São Paulo. 2005.

DA SILVA, N. G. Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária. 180 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

DE ASSUNÇÃO, L. T; DE CARVALHO, G. F; BARATA, M. S. Avaliação das propriedades das argamassas de revestimento produzidos com resíduos da construção e de demolição como agregado. **Exacta,** São Paulo, v. 5, n. 2, p. 223-230, jul/dez. 2007.

DEBIEB, F.; KENAI, S. The use of coarse and fine crushed bricks as aggregate in concrete. **Construction and Building Materials**, v. 22, p. 886–893, 2008.

DE BRITO, J.; PEREIRA, A. S.; CORREIA, J. R. Mechanical behaviour of non-structural concrete made with recycled ceramic aggregates, **Cement and Concrete Composites**, v. 27, n. 4, p. 429–433, 2005.

DE HANAI, J. B. Construções de argamassa armada: fundamentos tecnológicos para projeto e execução. São Paulo: Pini, 1992.

DE OLIVEIRA, M. E. D, CABRAL, A. E. B. Argamassas de revestimento produzidas com agregados reciclados de Fortaleza/CE, Brasil. **Engenharia Civil – UM.** Fortaleza – v. 41, 2011.

Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. **RAL – Relatório Anual de Lavra.**, Disponível em: https://ralweb.dnpm.gov.br/SCA/Site/Login.aspx?ReturnUrl=%2fRAL%2fSite%2fDeclaracoes%2fAbrirRal.aspx. Acesso em: 15 out. 2018.

ETXEBERRIA, M; VEGAS, I. Effect of fine ceramic recycled aggregate (RA) and mixed fine RA on hardened properties of concrete. **Magazine of Concrete Research.** v. 67, n. 12, p. 645–655, 2015.

ETXEBERRIA, M; VEGAS, I. Effect of fine ceramic recycled aggregate (RA) and mixed fine RA on hardened properties of concrete. **Concrete Research.** P. 1 – 11, 2014.

FARINHA, C.; DE BRITO, J.; VEIGA, R. Incorporation of fine sanitary ware aggregates in coating mortars. **Construction and Building Materials,** v. 83, p. 194-206, 2015.

FIORITO, A. J. S. I. **Manual de Argamassas e Revestimento: Estudos e Procedimentos de Execução**. São Paulo: Editora Pini Ltda., 1994.

GOMES, M; DE BRITO, J. Structural concrete with incorporation of coarse recycled concrete and ceramic aggregates: Durability performance. **Materials and Structures/Materiaux et Constructions**, v. 42, n. 5, p. 663–675, 2009.

GOMES, P. C. C; SANTOS, M. G. C; FELIX, S. S; DOS SANTOS, R. B. obtenção de argamassas com agregados reciclados produzidos na obra para uso em revestimento**. XIII ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.** Canela, out. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Pesquisa Nacional
de Saneamento Básico 2008. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil. Brasília, 2012.

ISAIA, G. C. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. Editora IBRACON. São Paulo, v. 1. 2010.

JIMÉNEZ, J. R.*et al.* Use of fine recycled aggregates from ceramic waste in masonry mortar manufacturing. **Construction and Building Materials.** v. 40, p. 679-690, 2013.

JOCHEM, L. F; ROCHA, J. C; CHERIAF, M. Estudo das argamassas de revestimento com agregados reciclados de rcd: características físicas e propriedades da microestrutura. **XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.** Juiz de Fora, out. 2012.

KARPINSK, L. A. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil**: uma abordagem ambiental. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2009.

KOPER, A; KOPER, W; KOPER, M. Influence of Raw Concrete Material Quality on Selected Properties of Recycled Concrete Aggregates. **Procedia Engineering**, v. 172, p. 536–543, 2017.

LAPA, J. S. **Estudo de viabilidade técnica de utilização em argamassas do resíduo de construção oriundo do próprio canteiro de obra.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 133f, 2011.

LIMA, W.E.F. *et al.* Avaliação de argamassas com substituição do agregado miúdo natural por resíduos cerâmicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 22., Natal, **Anais...**, p. 2923-2931, 2016.

LEVY, S. M. Reciclagem do entulho de construção civil, para utilização como agregado de argamassas e concretos. Dissertação de M. Sc., Escola Politécnica/USP, São Paulo, SP, Brasil, 1997.

Lima, F. S. N. S., Aproveitamento de resíduos de construção na fabricação de argamassas. 93 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba/Centro de Tecnologia, João Pessoa (2005).

MACIEL, L. L.; BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H. Recomendações para execução de revestimentos de argamassas para paredes de vedação internas e externas e tetos. São Paulo, 1998.

MALIA, M. Â. B. Indicadores de resíduos de construção e demolição. Dissertação para obtenção do grau de mestre em engenharia civil, 2010. Instituto superior técnico: Universidade Técnica de Lisboa. Disponível em: https://fenix.tecnico.ulisboa.pt. Acesso em novembro 2018.

MATIAS, G.; FARIA, P.; TORRES, I. Lime mortars with ceramic wastes: Characterization of components and their influence on the mechanical behavior. **Construction and Building Materials,** v. 73, p. 523-534, 2014.

MEDINA, C.; SÁNCHEZ DE ROJAS, M. I.; FRÍAS, M. Reuse of sanitary ceramic wastes as coarse aggregate in eco-efficient concretes, **Cement and Concrete Composites**. v. 34, n. 1, p. 48–54, 2012.

MEDINA, C.; SÁNCHEZ DE ROJAS, M. I.; FRÍAS, M., Properties of recycled ceramic aggregate concretes: Water resistance. **Cement and Concrete Composites**. v. 40, p. 21–29, 2013.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Estrutura, Propriedades, Materiais. São Paulo: Pini, 1994.

MIRANDA, L. F. R. Mesa redonda: Panorama e perspectiva da gestão de resíduos sólidos. In: Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil, 7, São Paulo, Brasil, jun. 2006. São Paulo: IBRACON, 2006.

Moriconi, G.; Corinaldesi, V.; Antonucci R., Environmentally-friendly mortars: a way to improve bond between mortar and brick. Materials and Structures / Matriaux et Constructions, (36), December, p. 702-708 (2003).

OLIVEIRA, B. T. Uso de resíduos de construção e demolição em argamassa para revestimento de alvenaria. Poli/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ, 2015. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014872.pdf>. Acessado em: 26 set. 2018.

Oliveira R, de Brito J, Veiga R. Incorporation of fine glass aggregates in renderings. **Construction and Building Materials.** 329–41, 2013.

OPER, A.; KOPER, W; KOPER, M. Influence of Raw Concrete Material Quality on Selected Properties of Recycled Concrete Aggregates. **Procedia Engineering**. v. 172, p. 536–543, 2017.

PAIXÃO, S. O. Estudo do uso de resíduo cerâmico de obras como agregado miúdo para fabricação de argamassas para revestimento de alvenarias. p. 56, 2013.

PAZ, D. H. F.; LAFAYETTE, K. P.V., Forecasting of construction and demolition waste in Brazil, **Waste Management and Research**, v. 34, n. 8, p. 708–716, 2016.

PINTO, T. P. Utilização de resíduos de construção. Estudo do uso em argamassas. Dissertação de M. Sc., Departamento de Arquitetura e Planejamento da Universidade de São Carlos/USP, São Carlos, SP, Brasil, 1986.

PORRAS, A. C.; ISAAC, R. L.; MORITA, D. M. Avaliação do uso conjunto de lodos de estações de tratamento de água e agregado reciclado. Campinas: SP, 2007.

PÓVOAS, Y. V. Tempo em aberto da argamassa colante: método de medida e influência dos aditivos HEC e resina PVAc. 1999. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

RAGO, F.; CINCOTTO, M. A. Influência do tipo da cal hidratada na reologia de pastas. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999. Boletim Técnico n. 233.

RECENA, F. A.P. Conhecendo argamassa. 2ª Edição. EdPUCRS – Editora Universitária da PUCRS. Porto Alegre. 2012.

RIBEIRO , C. C., PINTO, J. D., STARLING, T. Materiais de Construção Civil. 3ª ed. Belo Horizonte, 2011.

SANTOS, A. L. Diagnóstico ambiental da gestão e destinação dos resíduos de construção e demolição (RCC): análise das construtoras associadas ao Sinduscon/RN e empresas coletoras atuantes no município de Parnamirim - RN. 2009. 107 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

SINDUSCON. MANUAL SOBRE OS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Fortaleza, 2011. Disponível em: < http://www.sinduscon-ce.org/ce/downloads/pqvc/Manual-de-Gestao-de-Residuos-Solidos.pdf> Acesso em: 04 set. 2018.

SILVA, J; BRITO, J; VEIGA, R. Incorporation of fine ceramics in mortars. Construction and Building Materials. v. 23, n. 1, p. 556–564, 2009.

SILVA, M. A.; SANTOS, V. A. A. Reciclagem e reaproveitamento de resíduos sólidos da construção civil em São Luís- MA: um processo sustentável. Revista do CEDS, Periódico Do Centro De Estudos Em Desenvolvimento Sustentável Da UNDB. N. 1 agosto/dezembro 2014 – Semestral. Disponível em: http://www.undb.edu.br/ceds/revistadoceds. Acesso em outubro 2018.

SILVA, N.G. Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária. Dissertação. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

Sindicato da Industria da Construção Civil - SINDUSCON. Manual sobre os resíduos sólidos da construção civil. Fortaleza, 2011. Disponível em: < http://www.sinduscon-ce.org/ce/downloads/pqvc/Manual-de-Gestao-de-Residuos-Solidos.pdf> Acesso em: 04 nov. 2018.

SZLAK, B.; TANIGUTI, E.; NAKAKURA, E.; MOTA, E.; BOTTURA, M.; FRIGIERI, V. **Manual de Revestimentos de argamassas.** São Paulo: ABCP, 2002 PETRUCCI, E. G. R. Concreto de Cimento Portland. 13 ed. Revisado por Vladimir Antônio Paulon. São Paulo, 1998.

SZLAK, B.; TANIGUTI, E.; NAKAKURA, E.; MOTA, E.; BOTTURA, M.; FRIGIERI, V. **Manual de Revestimentos de argamassas.** São Paulo: ABCP, 2002 PETRUCCI, E. G. R. Concreto de Cimento Portland. 13 ed. Revisado por Vladimir Antônio Paulon. São Paulo, 1998.

XIAO, J; LU, D; YING, J. Durability of Recycled Aggregate Concrete: An Overview, **Journal of Advanced Concrete Technology**, v. 11, n. 12, p. 347–359, 2013.

ZORDAN, S. E. A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto. Dissertação de M. Sc., FEC/UNICAMP, Campinas, SP, Brasil, 1997.