

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>25</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>27</b>
<b>2.1</b>	<b>Construção civil no Brasil</b> .....	<b>27</b>
2.1.1	Descarte de resíduos .....	27
2.1.2	Geração de resíduos de construção e demolição .....	28
<b>2.2</b>	<b>Sustentabilidade na construção civil</b> .....	<b>29</b>
2.2.1	Estações de Reciclagem de Entulho .....	30
<b>2.3</b>	<b>Reciclagem de resíduos de construção ou demolição da construção civil</b> .....	<b>32</b>
<b>2.4</b>	<b>Areia reciclada proveniente de resíduos de construção e demolição</b> .....	<b>33</b>
<b>2.5</b>	<b>Argamassas contendo areia natural e areia reciclada</b> .....	<b>34</b>
2.5.1	Tipos de argamassa .....	35
2.5.1.1	<i>Argamassa contendo areia natural</i> .....	36
2.5.1.2	<i>Argamassa contendo areia reciclada</i> .....	36
<b>2.6</b>	<b>Utilização da areia reciclada para a produção de argamassa de revestimento: vantagens e desvantagens</b> .....	<b>37</b>
<b>2.7</b>	<b>Utilização da argamassa proveniente de areia reciclada em habitação de interesse social</b> .....	<b>37</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA PESQUISA</b> .....	<b>39</b>
<b>3.1</b>	<b>Classificação da pesquisa quanto aos fins</b> .....	<b>39</b>
<b>3.2</b>	<b>Classificação da pesquisa quanto aos meios</b> .....	<b>39</b>
<b>3.3</b>	<b>Tratamento de dados</b> .....	<b>39</b>
3.3.1	Fase A – Produção das argamassas.....	40
3.3.1.1	<i>Materiais utilizados</i> .....	40
3.3.1.2	<i>Caracterização física das areias</i> .....	40
3.3.1.3	<i>Produção das argamassas</i> .....	41
3.3.2	Determinação das propriedades mecânicas.....	43
3.3.3	Fase B – Aplicação das argamassas .....	44
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>47</b>
<b>4.1</b>	<b>Caracterização física das areias</b> .....	<b>47</b>
<b>4.2</b>	<b>Determinação das propriedades mecânicas</b> .....	<b>49</b>
4.2.1	Determinação da absorção de água por imersão.....	49

4.2.2	Determinação da capilaridade e coeficiente de capilaridade .....	50
4.2.3	Determinação da resistência à compressão .....	51
<b>4.3</b>	<b>Aplicação das argamassas .....</b>	<b>53</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>57</b>
	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>61</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na indústria da construção civil é cada vez mais recorrente a busca por novas ideias para inovação e reestruturação sustentável. Conseqüentemente, existem reflexos no contexto econômico, exigindo uma busca pela modernidade sustentável, atrelada ao custo-benefício de uma edificação.

Todos os anos, a indústria da construção civil gera toneladas de resíduos que são lançados na natureza, gerando um enorme impacto ao ambiente. Segundo Loturco (2017), no Brasil são produzidos cerca de 240 mil toneladas de resíduos de construção e demolição (RCD's) por dia.

Um meio de amenizar os impactos ambientais ocasionados pelos lançamentos inadequados de RCD ao meio ambiente é a transformação em matéria-prima dos mesmos, que pode ser feita através do processo de triagem dos RCD's, que são selecionados e classificados para passar por um trabalho de regeneração e reaproveitamento, tendo assim, a obtenção de materiais para se destinar a fins construtivos.

Com o tratamento dos RCD's, novos materiais se tornam acessíveis no mercado, devido aos custos reduzidos e matéria-prima de baixo custo e de ampla abundância. Os materiais advindos deste processo de reutilização dos RCD's podem ser utilizados para produção de argamassas para revestimento de paredes, do tipo argamassa de reboco<sup>1</sup>; concretos e pequenos reparos. Isso dependerá da especificação do material e a trabalhabilidade na qual foi desenvolvido para atender. Porém, é necessário que haja um apoio de forma integral e efetiva para o incentivo da execução de reciclagem por parte do sistema político econômico da atualidade, possibilitando a aplicação do sistema inovador, propiciando assim a transformação através dos processos de descarte e reaproveitamento de resíduos sólidos na indústria da construção civil.

Analisando a mesorregião do Vale do Mucuri, pode-se notar que a areia natural está cada vez mais escassa, comprometendo, em alguns casos, o cumprimento do cronograma de execução da construção e tornando o custo elevado. Com isso, a reciclagem de RCD para a produção de agregado miúdo, a ser aplicado em argamassa de revestimento, seria extremamente viável, pois há no

---

<sup>1</sup> Neste trabalho o termo "argamassas para revestimento de paredes, do tipo argamassa de reboco" será designado doravante por argamassas.

município de Teófilo Otoni 20 empresas de recolhimento de entulho e aproximadamente 60 caçambas informais, que frequentemente fornecem RCD ao depósito de lixo municipal, sem fazer nenhum tipo de reaproveitamento (TEÓFILO OTONI, 2014).

Conforme o Plano Municipal de Saneamento Básico de Teófilo Otoni-MG, por ser uma inovação, a cidade de Teófilo Otoni não possui nenhuma empresa com profissionais que trabalham com estocagem e gerenciamento de RCD e que invistam neste tipo de reciclagem, e também não dispõem de dados sobre a quantidade de entulho gerado pela indústria da construção civil local, (TEÓFILO OTONI, 2014).

Considerando que a areia reciclada é ambientalmente mais viável que a areia natural, seria válida a aplicação em construções de habitação de interesse social (HIS), tornando-as com custos reduzidos, possibilitando maior escala de produção, aumentando de forma considerável o número de HIS no combate ao déficit habitacional existente no Brasil, considerado um grande problema social (BRASIL, 2017), que, segundo a Fundação João Pinheiro (2017), em 2015, esse déficit habitacional correspondia a cerca de 6 milhões de domicílios.

O ponto inicial da pesquisa foi baseado em hipóteses, tendo como referência o conhecimento técnico sobre materiais de construção civil e publicações, disponíveis em conteúdos relacionados ao reaproveitamento de RCD na indústria da construção civil.

Esta pesquisa é de caráter experimental, composta de duas fases, produção e aplicação das argamassas, respectivamente.

Sendo assim, a presente pesquisa possui como objetivo examinar a viabilidade do reaproveitamento e reutilização dos RCD's. Para analisar e comparar propriedades físicas e mecânicas da areia natural e da areia reciclada e verificar a viabilidade da aplicação da argamassa de revestimento de paredes, do tipo reboco, com areia reciclada em HIS, visando os benefícios naturais e técnicos que o processo venha a proporcionar, buscando soluções sustentáveis para a indústria da construção civil.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Construção civil no Brasil**

Segundo Oliveira e Oliveira (2012), com o passar das décadas a construção civil permaneceu-se em constante alta em virtude do amplo investimento industrial e o desenvolvimento tecnológico do país, e com o resultado se espelhando no aquecimento setorial, através da demanda de mercado, com a vasta aplicação de recursos e a necessidade do desenvolvimento expansivo, se tornando a indústria da construção civil responsável por representar significativa participação no Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, caracterizado por oferecer grande demanda de empregos e remuneração efetiva.

A indústria da construção civil no país representa o processo produtivo de se edificar que engloba diversas áreas do seguimento, ou seja, para todo processo é feito antes uma análise de demanda a ser atendida, seja para instalações, equipamentos necessários, reparações e edificações, conforme a finalidade construtiva, inferindo de forma positiva ao aumento das demandas de processos construtivos (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2012).

Nos dias atuais do Brasil, a construção civil se encontra em momento de instabilidade. Ainda assim, com recursos escassos, a indústria busca por desenvolvimento, enfatizando a absorção da mão de obra desqualificada, podendo exercer funções diversificadas, seja na construção de edifícios, rodovias e pavimentações, dentre outros processos construtivos.

#### **2.1.1 Descarte de resíduos**

A lei n.º 12.305/2010 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) com intuito de minimizar a geração de resíduos, tendo por objetivo implantar políticas mais coerentes em relação ao descarte desses resíduos, reutilizando de maneira inteligente e consumindo de forma ecologicamente sustentável (BRASIL, 2010).

O resíduo sólido é definido como material lançado através de intervenção humana, após ou durante um processo construtivo, onde sua destinação final deve proceder de forma a se seguir as especificações de manejo correto dos dejetos, em

que é restringida a prática de lançamentos inadequados em meio ambiente (BRASIL, 2010).

No Brasil, os resíduos ao serem descartados corretamente, no processo de reciclagem, são submetidos à triagem para separação residual, de acordo com a classificação quanto sua origem, (BRASIL, 2010):

- a) resíduos domiciliares originados por via de reformas e construções urbanas;
- b) resíduos provindos de limpeza urbana, de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços;
- c) resíduos gerados pela indústria, mineração, dentre outros.

Atendendo a PNRS quanto à necessidade em obedecer às exigências de descarte residual e seguir um plano municipal de adequação de rejeitos, em Teófilo Otoni, a lei n.º 6.330/2011 dispõe sobre a organização de sistemas de coleta seletiva dos grandes geradores de resíduos sólidos do município, regendo a finalidade de se coletar, armazenar e descartar os insumos gerais não reciclados produzidos (TEÓFILO OTONI, 2011).

### 2.1.2 Geração de resíduos de construção e demolição

Com o constante desenvolvimento da indústria da construção civil e o crescimento do processo executivo de edificações, uma imensa quantidade de RCD's é gerada todos os anos nos canteiros de obra pelo país. A indústria ficou fortemente conhecida por ser a grande responsável por agredir o meio ambiente, dando o início à busca por soluções sustentáveis, buscando reaproveitar de forma eficiente os resíduos originados a partir dos processos construtivos (SABADO; FARIAS FILHO, 2011).

A indústria da construção civil brasileira é uma grande geradora de resíduos, produzindo cerca de 84 milhões de metros cúbicos de resíduos anualmente, sendo que no ano de 2015, a região sudeste foi a que mais gerou RCD, atingindo 64.097 toneladas por dia (t/d) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO - ABRECON, 2015).

Em todas as regiões do país as coletas de RCD são realizadas de forma diária, levando em consideração a demanda municipal. Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABELPE, 2015),

os municípios brasileiros coletaram cerca de 45 milhões de toneladas de RCD em 2015, tendo um acréscimo de 1,2% em relação a 2014. Ressalta-se que esta situação exige atenção especial, considerando que a quantidade total desse RCD é maior, uma vez que os municípios coletam apenas os RCD's lançados ou abandonados em locais públicos.

Diante do cenário de constante crescimento na geração de RCD, a elaboração de projetos de infraestrutura com complexidade e fatores naturais, como por exemplo, a adequação da topografia local de uma determinada área ou o processo de desconstrução de uma edificação já existente para a materialização de uma nova obra de infraestrutura, contribuem de forma integral para o aumento da produção de RCD nos canteiros de obra, se tornando de suma importância a implantação de soluções sustentáveis na construção civil, visando a minimização dos danos acarretados pela execução dos processos construtivos.

O município de Teófilo Otoni busca por incentivo na prática da reutilização e reciclagem dos RCD's locais, salientando ainda que a região não possui diretrizes voltadas especificamente ao reaproveitamento e manejo de RCD.

Porém, ainda assim a busca por soluções sustentáveis no processo de reutilização e descarte dos RCD's gerados torna-se cada vez mais frequentes e necessária, mesmo com a escassez de recursos e apoio social na aceitação de produtos totalmente originados de RCD, para que haja uma atenção maior voltada aos lançamentos indevidos de RCD na natureza, pois não se sabe se os danos já causados devido a esses lançamentos realizados até o presente momento são reversíveis.

## **2.2 Sustentabilidade na construção civil**

A construção civil atualmente encara desafios para minimizar os impactos ambientais sem perder a qualidade dos materiais utilizados. Segundo Sá (2016) a indústria da construção civil, mesmo sendo um dos setores mais importantes do país, deixa sequelas na natureza, através de extração de matéria bruta e alto desperdício no processo construtivo.

A geração de emissões de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) em excesso, destruição da camada de ozônio, contaminação do ar, da água e da terra através de poluentes e enfraquecimento de todo o ecossistema são algumas das

consequências do uso inadequado de materiais provindos da natureza pela construção civil. De acordo com Sá (2016) mudanças precisam ser tomadas em relação à utilização de materiais da natureza, pois devido ao aumento da população mundial a quantidade de recursos naturais e energia conseqüentemente aumentarão.

Utiliza-se uma notável quantidade de matéria bruta na construção civil, tais como areia, cascalho, entre outros. Geralmente tais materiais são obtidos através de extração de sedimentos aluviais. Com isso, os rios são modificados perdendo assim seu equilíbrio, além de provocar impactos ambientais em sua estrutura hidrológica e hidrogeológica, (BRASILEIRO, 2013).

Prevenção e reciclagem de resíduos trazem economia nos recursos naturais da natureza. De acordo com Brasileiro (2013) o RCD pode ser utilizado como matéria-prima em vários processos construtivos como: tijolos, blocos pré-moldados, meio-fio, calçadas, argamassa de revestimento e assentamento, camadas de base e sub-base, pavimentos, entre outros.

Os resíduos provenientes do concreto, dentre todos resíduos da construção civil, possuem maior potencial para serem reutilizados devido aos conhecimentos técnicos já dominados de suas propriedades, e por possuir baixo índice de contaminação por outros produtos, Sá (2016).

O principal objetivo das construções sustentáveis é evitar desgaste de energia, água e material bruto, prevenindo assim a degradação do meio ambiente. Segundo Sá (2016) a responsabilidade ambiental é dever de todos incluindo empresários, sendo que estes estão cada vez mais interessados sobre o tema, pois adotar ações isoladas de proteção ao meio ambiente é mais barato e lucrativo do que apresentar indicadores consistentes de responsabilidade social.

Poucos materiais da construção civil são desenvolvidos com o intuito de reciclagem ou reuso, sendo assim a criação de produtos sustentáveis, com desempenho eficaz, são os primeiros passos para o aumento do interesse e conseqüentemente na minimização dos impactos ambientais.

### 2.2.1 Estações de Reciclagem de Entulho

As Estações de Reciclagem de Entulho da Superintendência de Limpeza Pública (SLU), autarquia da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (Figura 1), que

tem por finalidade transformar os RCD's em agregados reciclados, que podem vir a substituir a brita e a areia dentro de uma construção, desde que não tenha função estrutural.

FIGURA 1 – Estação de Reciclagem de Entulho, Usina BR-040, em Belo Horizonte



Fonte: SLU (2017)

As principais etapas do processo de reciclagem do RCD são (BELO HORIZONTE, 2017):

- a) Recepção: As unidades da SLU recebem todo o entulho que as empresas de recolhimento fornecem, desde que possuam até 10% de outros materiais, como madeira, plástico, papel, não podendo conter terra, gesso, materiais orgânicos, entre outros, o material passa por um processo de inspecionamento na portaria, para analisar o grau de contaminação e a composição dos rcd's presentes.
- b) Seleção: É realizada uma análise visual, em que os RCD's são separados manualmente dos demais dejetos, retirando todos os materiais que não são considerados de Classe A.
- c) Operação de britagem (Figura 2): os RCD's são transportados até o alimentador vibratório do britador de impacto, após o processo de

britagem é realizado a eliminação de pequenas porções metálicas ferruginosas pelo movimento de um eletroímã sobre os rcd's.

- d) Estocagem em pilhas: os RCD'S são estocados sob o transportador de correia.
- e) Expedição: os RCD's são conduzidos com a ajuda de pá carregadeira, transportados em veículos apropriados.

FIGURA 2 – Operação de britagem



Fonte: SLU (2017)

### 2.3 Reciclagem de resíduos de construção ou demolição da construção civil

Com o constante desenvolvimento do país e o aumento do número de construções, o desperdício em canteiros de obra se tornou mais volumoso e com isto, o custo das construções cada vez mais elevado.

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002), define como RCD, todo o agregado e resíduo originado a partir de práticas construtivas em canteiro ou campo de obras, seja na execução de edificações ou reformas, resultando na segregação de materiais diversos como concreto, materiais argilosos, gesso, madeira, argamassa, dando origem ao RCD.

A disposição irregular de RCD tem causado enchentes, falta de drenagem por entupimento de galerias e assoreamento de canais, além de poluição e o aumento desnecessário dos custos da administração pública (ABRECON, 2015).

Contudo, com a PNRS, houve um grande avanço no aumento do número de municípios no Brasil que investem em usinas de reciclagem de resíduos sólidos (SEOANE, 2011).

Sendo assim, cada vez mais a população tem a consciência que reciclar é preciso, independente de qual material seja, pois as fontes naturais estão cada vez mais escassas, se tornando assim uma necessidade.

Com isso, além dos ganhos ambientais e políticos, há uma redução do custo com a matéria-prima utilizada, já que a mesma se torna secundária, pois é produzida de RCD (SEOANE, 2011).

## **2.4 Areia reciclada proveniente de resíduos de construção e demolição**

O RCD classificado pelo CONAMA (2002) como Classe A, ou seja, que podem ser readequados para uso através do processo de reaproveitamento residual são:

- a) Agregados provindos de atividades construtivas, ou seja, todo o resíduo encontrado em canteiro de obra, seja concreto, argamassa, gesso, madeira, dentre outros materiais;
- b) Materiais argilosos: (cerâmica para revestimento, tijolos, lajotas, telhas, etc.);
- c) Agregados originados a partir da execução de peças pré-moldadas *in loco*, como (Dutos, blocos, meio-fio, placas etc.);

A NBR 9935 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2011) define agregado miúdo como o originado através de processos naturais ou artificiais de desintegração de rochas ou provenientes de processos industriais.

Conforme a mesma norma, os agregados miúdos são aqueles que os grãos atravessam pela peneira com malha 4,75 mm e ficam retidos na peneira com malha 150 µm.

Sendo assim, o agregado miúdo denominado areia reciclada é definida pela NBR 9935 (ABNT, 2011) como material granular obtido de processo de beneficiamento de RCD da construção civil, previamente triados e pertencentes à classe A.

A Figura 3 ilustra a areia reciclada produzida pela Estação de Reciclagem de Entulho da Superintendência de Limpeza Urbana (SLU), na Usina BR-040, em Belo Horizonte.

FIGURA 3 – Areia reciclada



Fonte: SLU (2017)

## 2.5 Argamassas contendo areia natural e areia reciclada

A argamassa é um material utilizado na construção civil e um dos materiais utilizados na execução de assentamento e revestimento de alvenaria, que serve como colante para segurar e preencher vazios entre os materiais.

Em sua composição encontra-se uma mistura de água, areia e cimento e é aplicada como uma pasta que, com o tempo se solidifica. A água é utilizada para hidratar o cimento e unir todos os agregados.

Segundo Carasek (2017) os primeiros tipos de argamassas tinham como base cal e areia, mas com o desenvolvimento tecnológico, outros tipos de materiais estão sendo usados. Além do cimento Portland, estão sendo utilizados aditivos orgânicos, como incorporadores de ar ou retentores de água, com o intuito de melhorar a trabalhabilidade da argamassa, ou atender demandas específicas,

como por exemplo, ambientes extremos, ou seja, em ambientes muito úmidos se faz necessário à adição de aditivo para auxiliar no agregamento e secagem da argamassa. Em ambientes áridos e quentes utiliza-se aditivos que retardam na secagem, contribuindo para atingir melhores qualidades no revestimento em ambientes extremos.

Segundo Bauer (2012) as argamassas de revestimentos podem proporcionar manifestações patológicas que conseqüentemente prejudicam o desempenho tanto esteticamente quanto no desempenho. Diversos fatores podem contribuir para o surgimento das manifestações patológicas, como por exemplo, a utilização de materiais de baixa qualidade ou ainda o manuseio inadequado dos materiais no uso em excesso de um dos elementos da mistura, seja por hora o cimento, água ou até mesmo da cal, contribuindo de forma direta na ocorrência de patologias como o deslocamento de camadas do revestimento, trincas e fissurações, e até mesmo o deslocamento através do empolamento e placas.

É notório as manifestações patológicas em forma de fissuras nas argamassas de revestimento devido ao efeito de temperatura, umidade do ar ou até movimentação da estrutura (Tiscoski *et al.*, 2017).

### 2.5.1 Tipos de argamassa

A escolha de uma argamassa deve ser baseada em propriedades como durabilidade e trabalhabilidade. Selecionar uma argamassa apropriada ajuda garantir a durabilidade da alvenaria. Quando se seleciona um tipo de argamassa deve-se considerar vários aspectos do projeto arquitetônico, incluindo o *design*, o tipo de alvenaria, entre outros. Selecionar uma argamassa inapropriada resulta em um baixo desempenho no produto final.

De acordo com Tiscoski *et al.* (2017), devido a argamassa em paredes externas sofrer as intempéries, surgem então patologias, e estas, necessitam de uma solução ou redução. Desta forma, se faz necessário um estudo das propriedades físicas e mecânicas dos materiais que são utilizados no produto em questão.

Os agregados compõem uma grande proporção da argamassa e com isso se espera que estes tenham uma grande influência nas propriedades dos mesmos,

principalmente por afetar diretamente a durabilidade e desempenho. Por isso, é de suma importância encontrar agregados que gerem resultados positivos.

Foram selecionadas duas argamassas com variação das areias, para estudar suas peculiaridades, sendo elas: argamassa contendo areia natural e argamassa contendo areia reciclada.

#### *2.5.1.1 Argamassa contendo areia natural*

Existe uma grande demanda de areia natural na construção civil, principalmente aquelas provindas de rios, devido à utilização da mesma em concreto ou argamassa. Com isso, a areia natural está sendo um produto em escassez, além de proporcionar consequências negativas para o meio ambiente. As areias extraídas de rios causam o aprofundamento dos bancos de rios, perda de vegetação, destruição da vida aquática do local, entre outros problemas.

A areia natural confere uma característica particular no comportamento da argamassa, porque proporciona uma sensação de maciez e fluidez. Diferente da areia artificial que supre as questões de desempenho, mas apresenta um formato angular e com isso demonstra resistência mercadológica, resultando em um produto encorpado e áspero (KUDO; CARDOSO; PILEGGI, 2013).

A utilização de areias artificiais ou outras alternativas estão sendo cada vez mais visadas pelas empresas construtoras, para substituir a utilização da areia natural, devido à diminuição do impacto ambiental e à construção sustentável.

#### *2.5.1.2 Argamassa contendo areia reciclada*

Com o crescimento populacional, aumentou-se o número de construções pelo país e conseqüentemente o aumento do consumo de recursos naturais e produção de resíduo gerado por estas obras. A construção, além de ser o maior gerador de resíduos, também é o maior consumidor de recursos naturais.

Mesmo com técnicas que facilitam a reciclagem do RCD, esta prática ainda não ocorre com grande frequência, devido à falta de definição de procedimentos técnicos que são realizados nas obras sem riscos de patologias. Faz-se necessário conhecer as características da areia reciclada, para então propor procedimento de dosagem, controle e execução (SILVA *et al.*, 2009).

## **2.6 Utilização da areia reciclada para a produção de argamassa de revestimento: vantagens e desvantagens**

A destinação dos RCD's tem sido cada vez mais questionada, devido à ampla produção anual e a carência de locais apropriados para a destinação destes resíduos, ocasionada pela falta de políticas públicas e privadas incentivadoras para estas finalidades.

O CONAMA, através da Resolução n.º 307, foi pioneiro para a regulamentação da destinação dos RCD's, tornando obrigatória a implantação e execução pelo poder público de planos integrados de destinação e gerenciamento de RCD em todos os estados e municípios do país.

A aplicação da areia reciclada é bem vasta, podendo atender grande diversidade de demanda construtiva na indústria da construção civil, desde pequenos reparos até grandes concretagens.

Uma das vantagens da utilização do material está na diminuição do custeio do produto, considerando que os materiais reciclados são isentos de despesas associadas à logística e dos procedimentos ambientais de extração em uma pedra.

Outra vantagem seria que, conforme Loturco (2017), o reaproveitamento desses resíduos gerados dentro de uma construção, diminuiria visivelmente o espaço utilizado para o seu descarte e evitaria em partes a necessidade de retirada de recursos naturais do meio ambiente.

O maior obstáculo na produção deste material está atrelado à falta de apoio dos órgãos governamentais em tornarem acessíveis os RCD's reciclados no mercado, gerando um aquecimento no que se diz respeito ao custo benefício quanto à execução de edificações.

## **2.7 Utilização da argamassa proveniente de areia reciclada em habitação de interesse social**

Na década de 1970 foi construído um conjunto habitacional na cidade de Itaquera, no estado de São Paulo e, a partir deste, deu-se início a avaliação de tais tipos de edificações.

Considerando que as HIS's estão sendo construídas em uma maior escala, comparadas a este período e em centros urbanos de grande crescimento econômico e territorial, ainda resta uma grande parte da população brasileira que ainda não se beneficia de incentivos habitacionais.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), o Brasil possui 6% de seus habitantes residindo em habitações limitadas e em situação precária.

De acordo com Veras (2013), toda construção deve ter como início um projeto e para que o resultado final seja um empreendimento sustentável é necessário que desde a concepção este seja embasado em princípios sustentáveis.

Além de utilizar recursos naturais de grande escala, a indústria da construção civil agride o meio ambiente através de impactos causados pelo descarte indevido de RCD. Com isso, a reutilização destes resíduos se torna uma maneira eficaz para a solução deste problema. Segundo Marques (2010), no Brasil, a degradação ambiental de milhares de áreas por descartes de RCD está diretamente associada à ausência da gestão desses resíduos por parte das empresas construtoras e das administrações municipais.

Algumas medidas podem ser tomadas para minimizar dois grandes problemas, reutilização do RCD e precariedades em HIS, que são recorrentes na construção civil de todo país. Segundo Bravo *et. al.* (2014), atualmente os agregados provenientes de RCD são principalmente reaproveitados em bases e sub-bases de pavimentos. No entanto, diversos autores consideram que esta utilização não constitui a melhor valorização econômica deste recurso.

Outra forma de reutilização do RCD ocorre quando o material é triturado e separado em agregados, miúdos e graúdos. Os agregados miúdos misturados com outros aditivos geram uma argamassa que pode ser utilizada em revestimentos de edificações. Conforme Veras (2013), a edificação sustentável promove benefícios que se estendem além de sua contribuição para redução dos impactos ambientais, uma vez que se apresenta como responsável pelo estabelecimento de novos princípios básicos do projeto.

### **3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA PESQUISA**

Conforme o problema que esta pesquisa procurou responder, optou-se por realizar uma pesquisa classificada como quantitativa, em que buscou-se analisar dois tipos de areia, natural e reciclada, diante o emprego de argamassas, em pesquisa laboratorial.

Serão descritos os métodos que foram utilizados no desenvolvimento deste ensaio para o cumprimento dos objetivos propostos.

#### **3.1 Classificação da pesquisa quanto aos fins**

A presente pesquisa é considerada explicativa, pois tem por finalidade avaliar se a areia reciclada tem características físicas e propriedades para ser utilizada na produção de argamassas.

#### **3.2 Classificação da pesquisa quanto aos meios**

Conforme as características que foram abordadas pela pesquisa, é adequado classificá-la como aplicada, através de desenvolvimento experimental, considerando que, uma vez buscado resultados específicos, analisando e aplicando à pesquisa atividades de campo experimentais.

A pesquisa experimental visa determinar um objeto de estudo, escolher a variável, definir os tipos de controle e os efeitos que tal variável influenciou no objeto de estudo (GIL, 2002). Sendo assim, ela é constituída de resultados mais concretos e com garantia.

#### **3.3 Tratamento de dados**

A pesquisa foi composta de duas fases, Fase A e Fase B, através de pesquisa experimental em laboratório e posterior aplicação em uma obra dos materiais produzidos, respectivamente.

### 3.3.1 Fase A – Produção das argamassas

#### 3.3.1.1 *Materiais utilizados*

Foi utilizado o cimento Portland Composto (CPC) com fíler<sup>2</sup> CP II-F 32, da marca CSN, por ser comumente utilizado na produção de argamassas e comercialmente encontrado na região.

Segundo a norma NBR 11578 (ABNT, 1997), esse cimento Portland é composto de 90% a 94% de clínquer e 6% a 10% de material carbonático, utilizado como fíler, o que lhe confere a propriedade de baixo calor de hidratação e torna as argamassas mais trabalháveis, porque os materiais finamente divididos se alojam entre os grãos ou partículas dos demais componentes do cimento.

Utilizou-se a cal hidratada CH III, conforme a NBR 7175 (ABNT, 2003), da marca Tradical, por ser um material comumente encontrado no mercado local.

Os agregados miúdos utilizados para produção das argamassas foram:

- a) areia natural oriunda de areia lavada de rio do município de Itaobim/MG;
- b) areia reciclada coletada em uma Estação de Reciclagem de Entulho da SLU, que tem como objetivo transformar os RCD's em agregados reciclados, que podem substituir a brita e a areia em elementos da construção civil que não tenham função estrutural.

Foi utilizada água potável, distribuída pelo sistema de abastecimento de água da cidade de Teófilo Otoni, a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA).

#### 3.3.1.2 *Caracterização física das areias*

Os ensaios para caracterização física das areias foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção das Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni, sendo que, para preparação da areia reciclada foi utilizada a peneira de abertura de 4,75 mm.

---

<sup>2</sup> Material finamente dividido, com diâmetro médio próximo ao do cimento Portland (SILVA; BATTAGIN; GOMES, 2017).

- a) determinação da absorção de água, conforme a NBR NM 30 (ABNT: 2001); A aparelhagem utilizada foi: balança, molde tronco-cônico metálico, haste de compactação, estufa, bandeja metálica, espátula de aço, circulador de ar quente regulável e dessecador, foi obtido 1 amostra de cada areia, pesadas em 1 kg cada;
- b) determinação da massa unitária no estado solto, conforme a NBR NM 45 (ABNT, 2006); Utilizou-se os seguintes instrumentos: balança, haste de adensamento, recipiente, pá ou concha, placa de calibração e estufa, foram feitas 1 amostra de cada areia. O procedimento foi realizado de acordo com o método C;
- c) determinação do material fino que passa através da peneira 75  $\mu\text{m}$ , por lavagem, conforme a NBR NM 46 (ABNT, 2003); Foi manipulado os seguintes aparelhos: balança com resolução de 0,1 g, peneiras, recipiente, estufa, recipiente de vidro e agente umectante;
- d) determinação da massa específica, conforme a NBR NM 52 (ABNT, 2009); A aparelhagem empregada foi: balança, frasco aferido, molde tronco-cônico, haste de compactação, estufa, bandeja metálica, espátula de aço, circulador de ar regulável, dessecador, foram realizadas 1 amostra de cada areia, pesadas em 1kg cada. Todos os ensaios foram realizados seguindo minuciosamente a amostragem, aparelhagem e pôr fim a preparação das amostras para os ensaios.
- e) A determinação da composição granulométrica dos agregados foi realizada de acordo com a NBR NM 248 (ABNT, 2003) e classificados conforme a NBR 7211 (ABNT, 2009); Foram empregados os seguintes aparelhos: balança, estufa, peneiras (4,75; 2,36; 1,18; 0,6; 0,3; 0,15), agitador mecânico de peneiras, bandejas, escova ou pincel e fundo avulso de peneira, foi separado 2 amostras de cada areia, pesando cada uma delas no mínimo 300g;

### 3.3.1.3 *Produção das argamassas*

As argamassas foram produzidas em dois traços, sendo que um traço com 100 % de areia natural, denominado referência; e o traço realizado a partir da substituição da areia natural por 100 % de areia reciclada, através da adaptação do

método de Selmo, de 1989. As argamassas foram produzidas a partir do traço 1:1:3, com relação água/cimento (a/c) igual a 0,9.

Os materiais foram medidos em massa com a utilização de recipientes plásticos.

Primeiramente foram colocados em um recipiente a areia, a cal e a água, sendo misturados no batedor de argamassa (Figura 4), da marca Cortag, com capacidade de mistura de 12 a 15 kg, por quatro minutos, na sequência:

- a) 100 % de areia;
- b) 100 % de cal;
- c) 100 % de água.

FIGURA 4 – Produção de argamassa com uso do batedor de argamassa



Fonte: Acervo de pesquisa (2017)

Em seguida foi medida a massa da mistura, deixando-a em repouso de 16 a 24 horas em temperatura ambiente e, após, acrescentado 100% de cimento e água, eventualmente perdida pela evaporação. A mistura era submetida ao batedor por mais quatro minutos e, caso necessário para as argamassas adquirirem trabalhabilidade adequada, foi acrescentada mais água, causando alteração na relação a/c, cujas características estão apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1 – Dosagem das argamassas

Número da amostra	Tipo de areia	Relação a/c	Massa do recipiente mais amostra (g)	Massa do recipiente mais amostra após 24 h (g)	Perda de água após 24 h (%)	Perda e acréscimo da água (g)
1	Natural	1,0	8.836	8.736	9,8	100
2	Natural	1,2	8.788	8.717	9,8	71
3	Reciclada	1,1	9.387	9.315	9,9	72
4	Reciclada	1,3	9.537	9.467	9,9	70

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Foram moldados 12 corpos de prova para cada traço, em moldes cilíndricos com dimensões 50 x 100 mm, conforme a norma NBR 7215 (ABNT, 1997), mantidos por 24 h em câmara úmida e desmoldados após 24 h.

### 3.3.2 Determinação das propriedades mecânicas

Para a determinação das propriedades mecânicas no estado endurecido, as argamassas foram submetidas aos seguintes ensaios:

- determinação de absorção de água por imersão, conforme a NBR a norma NBR 9778 (ABNT, 2009), em que foram consideradas três amostras; A aparelhagem utilizada foi: balança hidrostática sensível a 0,0025 g, recipiente e estufa;
- determinação da absorção de água por capilaridade, conforme a NBR 15259 (ABNT, 2005), em que foram consideradas cinco amostras; Foram utilizados os seguintes instrumentos: balança com resolução mínima de 0,001 g e capilaridade mínima de 500g, cronometro, recipiente destinado a armazenar os corpos de provas, suporte para corpos de prova, espátula metálica com lâmina de 20 mm e utensílios de uso geral em laboratório;

- c) determinação da resistência à compressão, conforme a NBR 7215 (ABNT, 1997). Foram moldados 12 corpos de prova para cada variação da relação a/c (Figura 5), conforme foram apresentadas na Tabela 1, e após, os corpos de prova foram curados em ambiente de laboratório até a idade 7 dias, 14 dias e 28 dias. Utilizou-se os seguintes aparelhos: balança com resolução de 0,1 g, misturador mecânico, molde, soquete e máquina de ensaio de compressão.

FIGURA 5 – Moldagem dos corpos de prova



Fonte: Acervo de pesquisa (2017)

### 3.3.3 Fase B – Aplicação das argamassas

Foram executadas duas paredes de alvenaria de vedação com blocos cerâmicos de 19 x 19 x 7 cm, possuindo cada parede 1,0 m de altura por 1,5 m de comprimento, através da aplicação das argamassas produzidas nos traços 1:1:3, com relação a/c para areia natural de 1,1 e para a areia reciclada de 1,3, para 100% de areia natural e 100% de areia reciclada, respectivamente.

A aplicação das argamassas foi executada por um pedreiro que atua na indústria da construção civil da cidade de Teófilo Otoni/MG nas duas paredes anteriormente executadas pelos proprietários, em um único local, na área externa de uma edificação, situada no bairro Vila São João, na cidade de Teófilo Otoni, conforme ilustrado na Figura 6.

FIGURA 6 – Painel de alvenaria de vedação com blocos cerâmicos



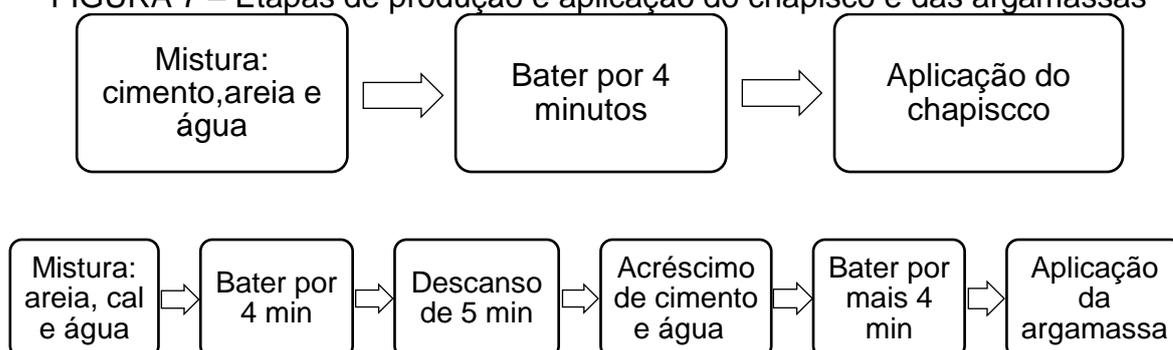
Fonte: Acervo da pesquisa (2017)

Antes do início da aplicação das argamassas, os pesquisadores reservavam o momento de informação para o pedreiro e o auxiliar, apresentando as diretrizes de execução e os devidos cuidados a serem tomados.

As argamassas utilizadas para a execução do chapisco e do reboco foram produzidas *in loco*. Em primeiro momento, foi feito um chapisco com espessura de aproximadamente 5 mm, e após 48 h foi executado o reboco com espessura de 15 mm.

As etapas para a produção e aplicação do chapisco e da argamassa estão apresentadas na Figura 7, respectivamente.

FIGURA 7 – Etapas de produção e aplicação do chapisco e das argamassas



Fonte: Autores (2017)

Com o objetivo de analisar qual das argamassas possui uma melhor consistência em sua aplicação e melhor aderência nas paredes, foram medidos os tempos de duração de preparo e aplicação das argamassas, através de um cronômetro digital.

Em seguida, esses painéis foram submetidos à observação quanto ao seu desempenho relativo ao aparecimento ou não de fissuras, durante o tempo de cura das argamassas de 24 horas, 7 dias, 14 dias e 28 dias.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização física das areias

Foram realizados os ensaios com a areia natural e reciclada para a definição de propriedades que influenciam na boa trabalhabilidade da argamassa, quanto ao seu desempenho mecânico de resistência, solicitada para aplicação em uma construção, visando atender de forma efetiva as finalidades construtivas de aplicação que as mesmas têm a desempenhar.

A Tabela 2 demonstra os resultados obtidos a partir das caracterizações físicas dos agregados de acordo com as normativas específicas para cada ensaio.

TABELA 2 – Caracterização física da areia natural e reciclada

Características físicas dos agregados	Norma ABNT	Areia natural	Areia reciclada
Absorção de água (%)	NBR NM 30:2001	1,4	12,0
Massa unitária no estado solto (kg/m <sup>3</sup> )	NBR NM 45:2006	1.434	1.425
Material fino que passa através da peneira 75 µm por lavagem (%)	NBR NM 46:2003	1,6	8,6
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	NBR NM 52:2009	2,62	2,77
Módulo de finura (MF)	NBR NM 248:2003	2,28	1,87
Dimensão máxima característica – DMC (mm)	NBR NM 248:2003	1,18	4,75

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Os dados da Tabela 2 apontam que a areia reciclada absorveu mais de oito vezes mais água do que a areia natural. Conforme Bauer (2012), quanto maior a porosidade dos materiais, maior a absorção de água, logo a areia reciclada apresentou maior absorção de água e porosidade, podendo ser observado na Figura 8, quanto há maior aglomeração da areia reciclada em relação à areia natural durante o procedimento do ensaio da absorção de água.

FIGURA 8 – Compactação das areias natural e reciclada no ensaio de absorção de água



Fonte: Acervo da pesquisa (2017)

Como observado na Tabela 2, no que se diz respeito à massa unitária no estado solto, a areia natural apresentou resultado superior ao da areia reciclada.

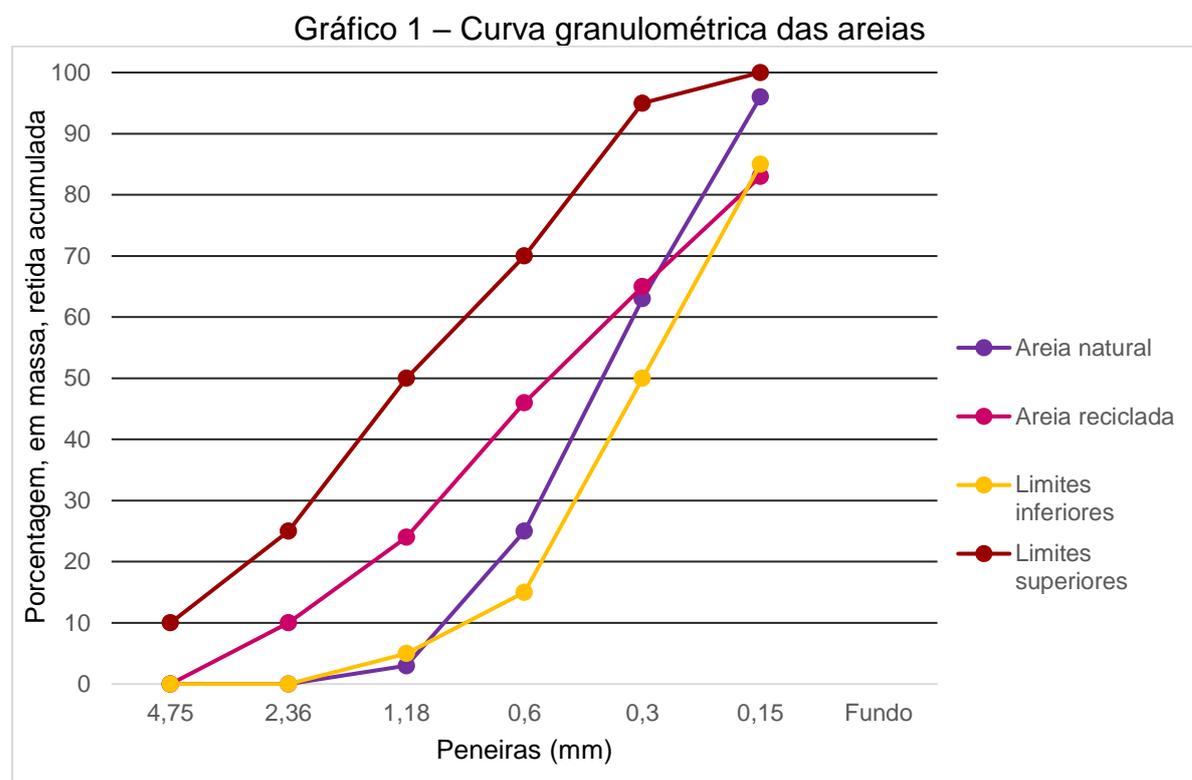
De acordo com os resultados obtidos, para o material pulverulento, comparando a areia reciclada com a areia natural, observou-se que o valor da areia natural apresenta apenas 18,6 % do valor da areia reciclada. O material da areia reciclada é mais fino, e tem maior área de superfície, isso favorece a absorção de umidade, pois aumenta os capilares.

Segundo Girardi (2016), quando existe uma maior quantidade de material pulverulento, é necessário uma quantidade maior de água de amassamento para a produção da argamassa, elevando assim a areação água/cimento, influenciando nas propriedades da argamassa em seu estado endurecido e em sua trabalhabilidade.

Pode-se notar na Tabela 2 que a massa específica da areia natural apresentou uma redução de 5,7 % se comparada a areia reciclada.

Na determinação da composição granulométrica, pode-se observar que o resultado do MF da areia reciclada é inferior ao da areia natural, sendo que a

disposição granulométrica, conforme Gráfico 1, da areia natural é contínua, apresentando maior trabalhabilidade e maior relação água/cimento, enquanto a areia reciclada apresentou granulometria descontínua, resultando em proporcionar maiores valores de resistência à compressão.



Fonte: Dados da pesquisa (2017)

## 4.2 Determinação das propriedades mecânicas

Para a determinação das propriedades mecânicas no estado endurecido, foram considerados os resultados dos ensaios com corpos de provas produzidos com argamassa de traço 1:1:3 e relação a/c de 0,9.

### 4.2.1 Determinação da absorção de água por imersão

Este ensaio foi realizado conforme a norma NBR 9778 (ABNT, 2009), em que foi analisada a absorção de água através de imersão, à temperatura de  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ , considerando 3 amostras de corpos de prova para cada intervalo de tempo, conforme os dados apresentados na Tabela 3.

TABELA 3 – Absorção através de imersão

Intervalo de tempo (h)	Areia natural (%)	Areia reciclada (%)
24	18,01	25,64
48	19,91	26,89
72	20,17	27,49

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

De acordo com os dados obtidos na Tabela 3, é possível observar que a areia reciclada, em todos os intervalos de tempo, absorveu uma maior quantidade de água que a areia natural, pois a areia reciclada possui maior porosidade em relação à areia natural, o que constitui um fator já esperado, se considerado que os poros presentes na areia reciclada contribuem para o aumento da absorção de água por imersão. Caso não seja considerada a relação a/c corretamente, esse acréscimo de absorção de água da areia reciclada em relação à areia natural pode influenciar de forma significativa na produção da argamassa.

Também pode-se observar na Tabela 3, que a maior absorção de água aconteceu nas primeiras 24 h, pois as argamassas se encontravam com os poros mais secos, ocasionando assim uma maior absorção.

#### 4.2.2 Determinação da capilaridade e coeficiente de capilaridade

O ensaio foi realizado conforme a NBR 15259 (ABNT, 2005), em que foram utilizadas 5 amostras de corpos de provas. (TABELA 4)

TABELA 4 – Absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade

Propriedades	Areia natural	Areia reciclada
Absorção de água por capilaridade, em 10 min	0,09	0,10
Absorção de água por capilaridade, em 90 min	0,17	0,18
Coeficiente de capilaridade (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>½</sup> )	1,3	1,2

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Pode-se observar na Tabela 4, que a areia reciclada apresentou absorção de água por capilaridade maior que a areia natural, nos dois intervalos de tempo, que, por sua vez, apresentou coeficiente de capilaridade menor em relação à areia natural.

A relação da absorção de água das argamassas está interligada diretamente com os poros capilares e não em contato com a água e também com a relação a/c, pois ela influenciará na quantidade de poros das argamassas no estado endurecido. Por ser a areia reciclada um material mais poroso e apresentar um teor relativamente considerável de argila em sua composição, influencia diretamente na absorção por capilaridade, tornando assim a areia reciclada um material com uma absorção de água mais elevada do que a areia natural, como pode ser observado nos dados da Tabela 4.

#### 4.2.3 Determinação da resistência à compressão

A resistência à compressão é importante para determinar o limite de resistência à ruptura do material.

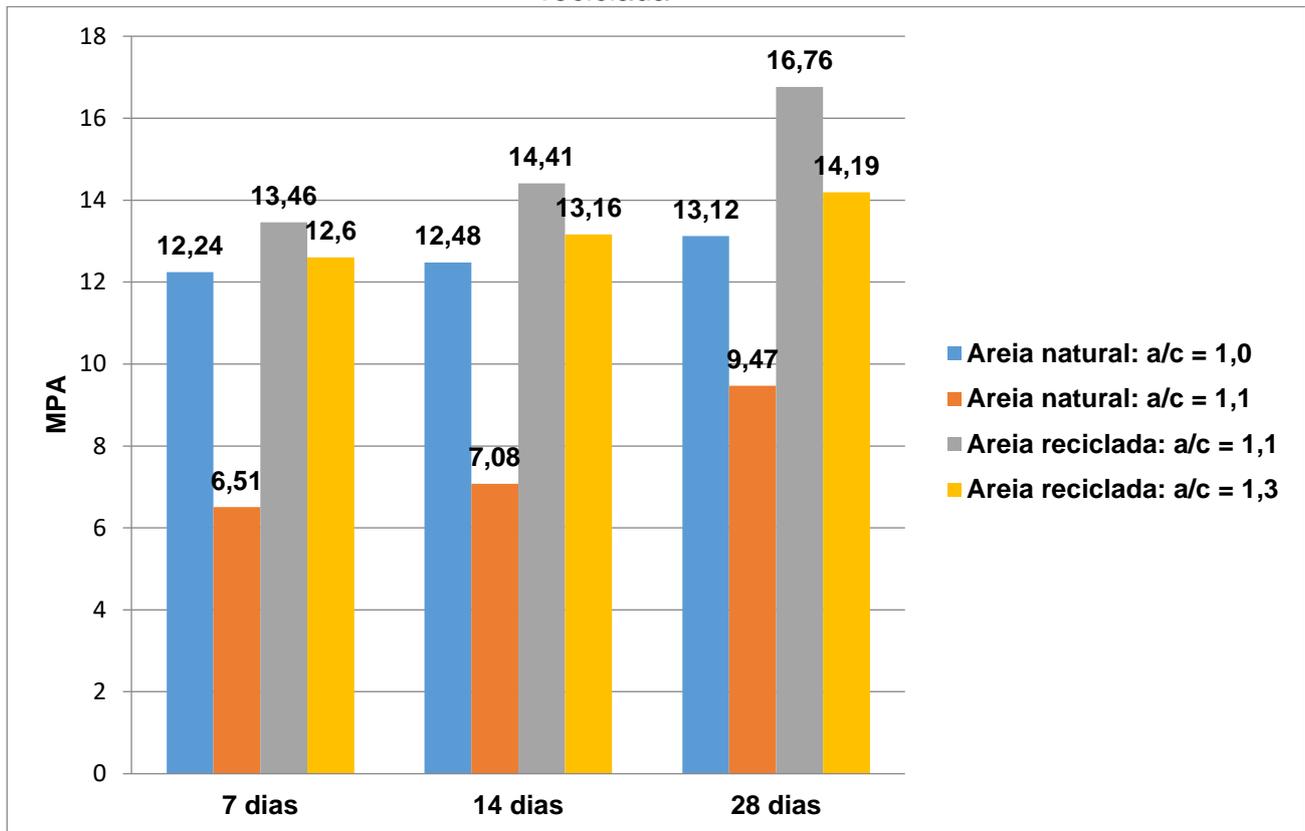
No ensaio foram rompidos 4 corpos de prova nas idades de 7, 14, 28 dias, totalizando 12 corpos de prova, para cada relação a/c.

Para o rompimento dos corpos de prova foi utilizada a prensa hidráulica, na empresa Concreteira Mix Mattar, que dispõem de sistema de automação elétrica, possuindo limite de capacidade de ruptura para até 200 toneladas.

Ao todo foram rompidos 48 corpos de prova, ambos devidamente posicionados na prensa hidráulica e submetidos ao ensaio de resistência à compressão, atendendo os procedimentos estabelecidos pela NBR 7215 (ABNT, 1997). Logo foi dado o início aos procedimentos de ruptura, em que foram aplicadas as cargas até a queda de tensão e ocasionando a ruptura dos corpos de prova.

No Gráfico 2 é possível observar os resultados das resistências à compressão (MPa) para cada tempo de cura dos corpos de prova compostos por areia natural e reciclada, no período de 7, 14 e 28 dias.

Gráfico 2 – Resistência à compressão dos corpos de prova da areia natural e reciclada



Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Observa-se no Gráfico 2 que a argamassa contendo areia reciclada apresentou maiores valores de resistência à compressão que a argamassa contendo areia natural.

Também pode-se observar que a relação a/c interferiu na resistência final de ambas as argamassas. Mesmo com maior teor de água, com relação a/c de 1,1 e 1,3, a argamassa com areia reciclada apresentou maiores resultados de resistência à compressão que a argamassa contendo areia natural.

Para os tempos de cura dos corpos de prova de 7 a 28 dias, os resultados de resistência à compressão mostram que não há diferença significativa de resistência entre as argamassas com areia reciclada.

Segundo Silva *et al.* (2011) mostra-se viável o manejo tecnológico para produção de argamassa contendo areia reciclada, reduzindo assim as perdas de materiais e obtendo um revestimento com desempenho relativamente aceitável.

### 4.3 Aplicação das argamassas

As argamassas aplicadas tiveram como função revestimentos de áreas externas de edificações, sendo do tipo argamassas de reboco, podendo ser aplicadas em toda demanda construtiva, incluindo a utilização em HIS.

Foram revestidas duas paredes com dimensões de 1,0 m de altura por 1,5 m de comprimento, sendo ambas de alvenaria de vedação com blocos cerâmicos de 19 x 19 x 7 cm.

Para a aplicação das argamassas foram definidos os traços 1:1:3, com relação a/c para areia natural de 1,1 e para a areia reciclada de 1,3, para 100% de areia natural e 100% de areia reciclada, respectivamente. As argamassas foram produzidas *in loco*, utilizando o batedor de argamassa para a mistura dos materiais.

No início foi executado o chapisco e, após 48 h iniciou-se a execução do reboco (Figura 9).

Ambas as paredes foram revestidas com as argamassas no mesmo dia. A Tabela 5 apresenta os tempos de aplicação das argamassas nas paredes.

TABELA 5 – Tempo de execução da aplicação das argamassas

Tipo de argamassa	Tempo de aplicação
Argamassa com areia natural	30 min 25 s
Argamassa com areia reciclada	20 min 50 s

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

FIGURA 9 – Aplicação do chapisco e reboco nas paredes (1,0 m x 1,5 m)



Fonte: Acervo da pesquisa (2017)

Observou-se durante a execução da aplicação das argamassas que a argamassa contendo areia reciclada aderiu mais rápido à parede se comparada à areia natural.

A Figura 10 ilustra as paredes com argamassas de revestimento com areia natural e areia reciclada após 24 h, 7 e 14 dias, já a Figura 11, pode-se observar as paredes após 28 dias, da sua execução.

FIGURA 10 – Detalhes do reboco com revestimento de argamassas com areia natural e areia reciclada após 24 h, 7 e 14 dias de execução



Fonte: Acervo da pesquisa (2017)

FIGURA 11 – Paredes com revestimento de argamassas com areia natural e areia reciclada após 28 dias de execução



Fonte: Acervo da pesquisa (2017)

Pode-se observar na Figura 10 e 11, que a argamassa contendo 100% de areia reciclada apresentou comportamento semelhante nos aspectos físicos e nas suas propriedades mecânicas ao da argamassa com 100% de areia natural.

No que diz respeito aos aspectos fundamentais para definição de um bom acabamento, isenta de manifestações patológicas, como fissuras e trincas, atendendo de forma integral e efetiva às demandas quanto à aplicação externa em uma edificação de HIS.

## 5 CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou, através de ensaios e análises, a efetividade da utilização de RDC como areia reciclada na produção de argamassa. Também foi analisado o comportamento da argamassa composta de areia natural em relação à argamassa contendo areia reciclada.

Nos resultados obtidos a argamassa contendo areia reciclada se mostrou com qualidade e comportamento adequado relativo e suas propriedades físicas, mecânicas e na sua aplicação, enfatizando assim a importância do reaproveitamento de RCD e os danos provocados à natureza, quando descartado de modo inadequado.

Nesta pesquisa, foram desenvolvidos ensaios com a areia natural e reciclada para caracterizações físicas e com a finalidade de demonstrar o comportamento de ambos os agregados. Foi constatado que a areia reciclada apresenta um valor de porosidade maior do que a areia natural, conseqüentemente maior absorção de água. Observou-se também que a mesma demonstrou uma quantidade de argila superior ao da areia natural, resultando assim em maior quantidade de material pulverulento. É importante analisar as características físicas de cada areia pois influenciará na boa trabalhabilidade das argamassas e no seu desempenho mecânico de resistência.

Com a substituição da areia natural pela reciclada na produção da argamassa pode-se observar que a argamassa contendo areia reciclada apresentou valores de resistência a compressão satisfatórios e em todos os intervalos de tempo de 24h, 7, 14 e 28 dias possuiu valores de resistência superiores a argamassa contendo areia natural. Mesmo acrescentando maior quantidade de água, elevando assim a relação a/c, pode-se observar que os valores da resistência a compressão diminuíram, mas no entanto a argamassa com areia reciclada ainda apresentou maiores valores de resistência a compressão.

Através das aplicações das argamassas, pode-se observar que tanto a argamassa contendo areia natural quanto a que contém areia reciclada, não apresentaram nenhum tipo de manifestação patológica, como fissuras. Sendo assim a argamassa com areia reciclada é tão efetiva quanto à argamassa contendo areia natural.

Pode-se afirmar que a substituição da areia natural pela areia reciclada na produção de argamassa é totalmente viável para a aplicação em revestimento de paredes do tipo argamassa de reboco. Seja no ambiente interno ou externo da edificação. Sendo também recomendada tanto para suprir as demandas construtivas de qualquer edificação, com fim não estrutural, quanto para fins sociais, para uma HIS.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. *Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil 2015*. São Paulo: ABRELPE, 2016. 92 p. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf>>. Acesso em: 02 out. 2017.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9935: Agregados – Terminologia*. Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_. *NBR NM 30: Agregado miúdo - Determinação da absorção de água*. Rio de Janeiro, 2001.

\_\_\_\_\_. *NBR NM 45: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios*. Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. *NBR NM 46: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem*. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. *NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente*. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. *NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica*. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. *NBR 7175: Cal hidratada para argamassas - Requisitos*. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. *NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação*. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. *NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão*. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. *NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica*. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. *NBR 9935: Agregados – Terminologia*. Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_. *NBR 11578: cimento Portland Composto*. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. *NBR 15279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade*. Rio de Janeiro, 2005.

ABRECON - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO. *Relatório – Pesquisa setorial 2014-2015*. São Paulo: ABRECON, 2015. Disponível em: <[https://abrecon.org.br/pesquisa\\_setorial/](https://abrecon.org.br/pesquisa_setorial/)>. Acesso em: 28 set. 2017.

BAUER, L. A. F. *Materiais de construção*. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 1 v. 488 p.

BELO HORIZONTE (Município). Superintendência de Limpeza Urbana. Estações de Reciclagem de Entulho. Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <[http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pldPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=slu&tax=34906&lang=pt\\_BR&pg=5600&taxp=0&](http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pldPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=slu&tax=34906&lang=pt_BR&pg=5600&taxp=0&)>. Acesso em: 28 out. 2017.

BRASIL. Ministério da Transparência, Fiscalização e Controle. Secretaria Federal de Controle Interno. Relatório de Avaliação da Execução de Programa de Governo n.º 66 – Programa Minha Casa Minha Vida - FGTS, Brasília, DF, abr. 2017. Disponível em: <<https://auditoria.cgu.gov.br/download/9775.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2017.

BRASIL. Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 21 set. 2017.

BRASILEIRO, L. L. *Utilização de Agregados Reciclados Provenientes de RCD em Substituição ao Agregado Natural no Concreto Asfáltico*. 2013. 118 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Natureza), Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina – PI, 2013. Disponível em:

<<http://www.leg.ufpi.br/subsiteFiles/materiais/arquivos/files/DISSERTACAO%20-%20Luzana.pdf>>. Acesso em: 05 Nov 2017.

BRAVO, M.; BRITO, J.; SILVA, A. S.; EVANGELISTA, L. Análise da influência de agregados de centrais de reciclagem de resíduos de construção e demolição no fabrico de betões. *Engenharia Civil*, Lisboa, ed.1, n. 49, p. 43-64, 2014. Disponível em: <<http://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/n49/pag.43-64.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIA, G. C. (Org.). *Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais*. 3. ed. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2017. cap. 28. p. 893-943.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resoluções. *Resolução n.º 307*. Brasília, 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 09 dez. 2016.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Déficit habitacional no Brasil. *Déficit habitacional no Brasil – Resultados preliminares-2015*. Disponível em: <<http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/docman/cei/723-estatisticas-informacoes-3-deficit-habitacional-16-08-2017versao-site/file>>. Acesso em: 02 out. 2017.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: ATLAS S. A., 2002. 47 p.

GIRARDI, A. C. C. *Avaliação da substituição total de areia natural por RCD em revestimentos de argamassa*. 2016. 131 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/5924/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Aline%20Crispim%20Canedo%20Girardi%20-%202016.pdf>>. Acesso em: 07 Ago. 2017.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Cidades*. São Paulo, 2010. Disponível em: <[http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/93/cd\\_2010\\_caracteristicas\\_p\\_opulacao\\_domicilios.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/93/cd_2010_caracteristicas_p_opulacao_domicilios.pdf)>. Acesso em: 09 abr. 2017.

KUDO, E.; CARDOSO, F.; PILEGGE, R. Squeeze flow aplicado em argamassas colantes utilizando areia natural ou artificial. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 10., 2013, Fortaleza. *Anais...* Porto Alegre:

ANTAC, 2013. Disponível em: <<http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/548>>. Acesso em: 28 set. 2017.

LOTURCO, B. Entulho bem tratado: Por meio de tratamento adequado, processamento de resíduos da construção civil diminuiu demanda por recursos naturais, alivia uso de aterros sanitários, proporciona redução de custos e otimização de processos de canteiro. *Téchne*, São Paulo, ed. 243, p. 12-15, jun. 2017.

MARQUES, J. C. N.; SCHALCH, V. Gestão dos resíduos de construção e demolição: estudo da situação no município de São Carlos-SP, Brasil. *Engenharia Civil*, Lisboa, ed. 1, n. 36, p. 41-50, 2010. Disponível em: <<http://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/n36/Pag.41-50.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

OLIVEIRA, V. F.; OLIVEIRA, E. A. A. Q. O papel da indústria da construção civil na organização do espaço e do desenvolvimento regional. *In: INTERNATIONAL CONGRESS UNIVERSITY INDUSTRY COOPERATION*, 4., 2012, Taubaté. Disponível em: <<http://www.unitau.br/unindu/artigos/pdf570.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2017.

SÁ, A. J. M. *Agregados graúdos reciclados de concreto – uma opção para uso em dosagens estruturais*. 2016. 95 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processo), Programa de Pós -graduação em Engenharia Processos – (PPGEP/ITEC) da Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém – PA, 2016. Disponível em: <<http://ppgep.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/Dissertacao2016-PPGEP-MP-AuricaryJorgeMentadeSa>>. Acesso em 05 Nov 2017.

SABADO, J. O. S.; FARIAS FILHO, M. C. Ações de sustentabilidade influenciando o isomorfismo no campo das organizações da indústria de construção civil. *Reuna*, Belo Horizonte, v. 16, n. 4, p. 27-42, 2011. Disponível em: <<http://revistas.una.br/index.php/reuna/article/view/391/450>>. Acesso em: 28 set. 2017.

SEOANE, T. Prefeituras investem em usinas de reciclagem: Reaproveitamento de resíduos de construção pode reduzir custos de aquisição de materiais aplicados na pavimentação de vias públicas. Conheça as vantagens de quem tem investido em usinas próprias. *Infraestrutura Urbana*, São Paulo, ed. 15, dez. 2011. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/15/artigo258435-2.aspx>>. Acesso em: 09 abr. 2017.

SILVA, E. *et al.* Propriedades de agregados reciclados produzidos a partir de RCD gerado em canteiros de obras de Recife/PE para uso em argamassas. *In:* SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 8., 2009, Curitiba. *Anais...* Porto Alegre: ANTAC, 2009. Disponível em: <<http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/376>>. Acesso em: 28 set. 2017.

SILVA, E. C. R. *et al.* Desempenho de revestimentos de argamassa com areias recicladas produzidas em canteiro de obras. *In:* SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 9., 2011, Belo Horizonte. *Anais...* Porto Alegre: ANTAC, 2011. Disponível em: <<http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/427>>. Acesso em: 28 set. 2017.

SILVA, M. G.; BATTAGIN, A. F.; GOMES, V. Cimento Portland com adições minerais. *In:* ISAIA, Geraldo Cechella (Org.). *Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais*. 2. ed. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2017. cap. 25. p. 761-793.

TEÓFILO OTONI (Município). Lei n.º 6330, de 9 de novembro de 2011. *Câmara Municipal de Teófilo Otoni*. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/mg/t/teofilo-otoni/lei-ordinaria/2011/633/6330/lei-ordinaria-n-6330-2011>>. Acesso em: 23 set. 2017.

TEÓFILO OTONI (Município). Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Plano Municipal de Saneamento Básico de Teófilo Otoni-MG. *Relatório Síntese*. Teófilo Otoni, 2014.

TISCOSKI, B. *et al.* Efeito da adição de fibras de polipropileno na resistência de aderência à tração em argamassa de revestimento. *In:* SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 12., 2017, São Paulo. *Anais...* Porto Alegre: ANTAC, 2017. Disponível em: <<http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/620>>. Acesso em: 28 set. 2017.

VERAS, M. R. *Sustentabilidade e habitação de interesse social na cidade de São Paulo: análise de obras*. 2013. 127 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo. 2013. Disponível em: <<http://tede.mackenzie.br/jspui/bitstream/tede/349/1/Mariana%20Ribeiro%20Veras.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2017.