

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**ENGENHARIA CIVIL**  
**CAMPUS APUCARANA**

**EVELYN BEATRIZ FERREIRA DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ARGAMASSAS DE  
REVESTIMENTO COM EMPREGO DE RESÍDUOS DA  
CONSTRUÇÃO CIVIL**

**APUCARANA**

**2019**

**EVELYN BEATRIZ FERREIRA DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ARGAMASSAS DE  
REVESTIMENTO COM EMPREGO DE RESÍDUOS DA  
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Monografia apresentada como parte dos requisitos necessários para aprovação no componente curricular Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador(a): Prof. Msc. Sarah Honorato  
Lopes da Silva

Co-orientador: Prof. Msc. Sérgio Tunis  
Martins Filho

APUCARANA

2019



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
Câmpus Apucarana  
COECI – Coordenação do Curso Superior de  
Engenharia Civil



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### **Avaliação do desempenho de argamassas de revestimento com emprego de resíduos da construção civil**

por

Evelyn Beatriz Ferreira dos Santos

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado no dia 25 do mês de novembro do ano de 2019, às 16 horas e 30 minutos, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira Civil, linha de pesquisa em materiais da construção civil, do Curso Superior em Engenharia Civil da UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. A candidata foi arguida pela banca examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Msc. Sarah Honorato Lopes da Silva – ORIENTADORA

---

Prof. Dra. Silvia Altoé – EXAMINADORA

---

Prof. Msc. Augusto Montor – EXAMINADOR

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”.

À Deus e à  
minha família pelo constante apoio.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pelo dom da vida, pela saúde e capacidade emocional pra enfrentar todos os desafios ao longo dessa trajetória.

Aos meus pais, Lucinete e Alessandro, por todo suporte, por toda ajuda, por todo amor e por me proporcionarem o privilégio de me dedicar exclusivamente à faculdade ao longo desses anos.

Aos meus irmãos, Rafael e Bruna, pela convivência diária, pelos momentos de amor e por me suportarem quando nem eu mesma me suportava.

À minha família, e principalmente aos meus avós, Geny, Zélia, Joaquim e Lourdes, por todas as orações e todas as velas acendidas em dias de provas.

Ao meu namorado, Maicon, por ser meu ponto de fuga, pelos momentos de felicidade e por todas as coisas que abdicou para estar ao meu lado nos dias em que as matérias estavam acumuladas.

À professora Sarah pela orientação, por compartilhar comigo seus conhecimentos, seu tempo e por toda prestatividade em todos os quesitos deste trabalho.

Ao professor Sérgio pela co-orientação na realização desse trabalho.

A todos os meus amigos pelos momentos de alegria compartilhados quando tudo parecia desabar.

A todos os colegas do curso pela parceria em trabalhos, madrugadas de estudo, incentivo em dias difíceis e principalmente por rirem comigo em momentos de desespero.

À todos os professores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela paciência e por todos os ensinamentos passados.

Aos funcionários da Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela disposição e dedicação.

Abra os olhos para ver o muro em que você estagnou. E a partir daí, crie uma nova engenharia de pensamentos para enxergar além desse muro, e assim, terá novas perspectivas.

Nuper

## RESUMO

Apesar da inegável importância da construção civil para o desenvolvimento econômico mundial, sabe-se que é um setor gerador de grandes impactos ambientais, tanto pelo consumo significativo de recursos naturais não renováveis, quanto pela intensa geração de resíduos. Mesmo sendo vasto o número de pesquisas envolvendo os agregados reciclados e da obtenção de resultados eficientes, a utilização desses resíduos como material de construção ainda não é muito observada nos dias atuais. Entre as possibilidades de reciclagem desse resíduo consta a utilização em argamassas de revestimento. Em virtude disso o presente trabalho teve como objetivo a caracterização de argamassas com porcentagens de substituição da areia natural pela areia reciclada de 0%, 20%, 50%, 60%, 80% e 100%. Os ensaios realizados foram de Resistência à compressão, Módulo de elasticidade, Absorção por imersão e Análise visual da argamassa aplicada. O ensaio de resistência à compressão apresentou os resultados acima do valor estabelecido por norma. O Módulo de Elasticidade diminuiu com o aumento da quantidade de resíduos na mistura. Já no ensaio de absorção observou-se que os traços com maiores teores de substituição têm teores maiores de absorção de água. Por fim, na análise visual da argamassa aplicada foi constatado que os traços com maiores teores de RCC possuem maior uniformidade em sua coloração. Assim sendo, é viável a possível substituição da areia pelo RCC em argamassas de revestimento.

**Palavras-chave:** Agregado reciclado. Argamassa. Areia natural.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Fluxograma das etapas percorridas pelo RCC	22
Figura 2	Desenho esquemático do bloco com argamassa aplicada	25
Figura 3	Curva granulométrica da areia natural e reciclada	26
Figura 4	Resistência à compressão	28
Figura 5	Absorção de água	29
Figura 6	Módulo de elasticidade dinâmico	30
Figura 7	Foto do bloco com argamassa aplicada com e sem corante	31
Figura 8	Traço A0	32
Figura 9	Traço A20	32
Figura 10	Traço A40	33
Figura 11	Traço A60	33
Figura 12	Traço A80	34
Figura 13	Traço A100	34
Figura 14	Gráfico da análise visual	35



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Aplicações de resíduos que podem ser reciclados	15
Tabela 2	Resistência à compressão	19
Tabela 3	Quantidade média de caçambas recebidas por dia	21
Tabela 4	Quantidade média de resíduos por caçamba	21
Tabela 5	Porcentagens de substituição	23
Tabela 6	Fator a/c das misturas	23
Tabela 7	Ensaio de caracterização no estado endurecido	24
Tabela 8	Módulo de finura	27
Tabela 9	Coefficiente de não uniformidade	27
Tabela 10	Coefficiente de curvatura	27
Tabela 11	Densidade da argamassa no estado endurecido	27

## LISTA DE SIGLAS

RCC	Resíduos da construção civil	11
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais	11
ISWA	<i>International Solid Waste Association</i>	12
EPD	<i>Environmental Protection Department of Hong Kong</i>	12
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos	12
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente	13
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos	13
ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição	13
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora	16
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas	17
ARC	Agregado de resíduo de concreto	17
ARM	Agregado reciclado misto	17
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná	20
CP	Corpos de prova	24

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	11
1.1	JUSTIFICATIVA	12
1.2	OBJETIVOS	12
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	13
2.1	RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	13
2.2	RECICLAGEM E APLICAÇÃO DO RCC	14
2.3	ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO	17
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	20
3.1	MATERIAIS	20
<b>3.1.1</b>	<b>Aglomerante</b>	21
<b>3.1.2</b>	<b>Agregado miúdo</b>	21
<b>3.1.3</b>	<b>Água</b>	21
<b>3.1.4</b>	<b>Resíduos da Construção Civil</b>	21
<b>3.1.5</b>	<b>Empresa receptora e recicladora do RCC</b>	21
3.2	MÉTODOS	23
<b>3.2.1</b>	<b>Programa experimental</b>	23
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	26
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA AREIA NATURAL E DA AREIA RECICLADA	26
4.2	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO	28
4.2	ABSORÇÃO POR IMERSÃO	27
4.3	MÓDULO DE ELASTICIDADE	29
4.4	ANÁLISE VISUAL DA ARGAMASSA APLICADA	31
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	36
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	36
	<b>REFERÊNCIAS</b>	

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil revela-se como um setor promotor de grandes impactos ambientais, gerando grandes volumes de resíduos e necessitando de soluções cada vez mais eficazes com o desenvolvimento de técnicas construtivas que reduzam a quantidade de resíduos gerados, seja por reformas ou novas obras. A enorme geração de resíduos desse setor além de acarretar grandes problemas para o meio ambiente traz danos também para a vida da população (MIRANDA e SELMO, 2001; FREITAS, 2009).

A ideia de reciclagem de resíduos de construção civil foi empregada na reconstrução da Europa após a segunda guerra mundial e cada vez mais estão aperfeiçoando as técnicas de reciclagem e reaproveitamento otimizando os recursos não renováveis. Na Holanda, por exemplo, em 1984 começaram a ser realizados estudos para viabilizar a utilização de resíduos provenientes de concreto e argamassa (LIMA, 1999). Já no Brasil, as primeiras pesquisas científicas envolvendo o uso de agregados reciclados de RCC (Resíduos da Construção Civil) foram realizadas por Cincotto (1983) e Pinto (1986).

Segundo a ABRELPE (2017) - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, cerca de 60% da massa de resíduos sólidos urbanos no Brasil é proveniente do setor da construção civil. O crescimento populacional, o desenvolvimento econômico e a utilização de tecnologias inadequadas têm contribuído para que esta quantidade aumente cada vez mais.

Além do volume de resíduos gerado, a construção civil consome grandes quantidades de recursos naturais. Estima-se que no Brasil de 20% a 50% do total dos recursos minerais explorados sejam destinados a esse setor (MESQUITA, 2012). A indústria da construção civil tem grande potencial de utilização de resíduos gerados por ela mesma (JOHN, 2000).

Desse modo, a utilização de resíduos oriundos da construção civil para confecção de argamassas pode ser uma solução. Assim, o presente trabalho visa contribuir com as pesquisas acerca do emprego de resíduos na construção civil com foco na substituição do agregado miúdo por RCC na fabricação de argamassas.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Segundo Oliveira et al. (2012), a intensiva exploração da areia na construção civil é considerada como de potencial degradador médio, pois sua extração é responsável por alterações nos diferentes tipos de leitos e de suas dinâmicas, assim como na paisagem, por meio de erosão em margens de rios, emissão de material particulado, e outros impactos ambientais.

Com relação aos resíduos, é gerada em todo o mundo anualmente uma quantidade que varia de 7 a 10 bilhões de toneladas, sendo que, desse total 36% é proveniente da construção civil (ISWA, 2015).

Segundo *Environmental Protection Department of Hong Kong - EPD* (2012), 23% do total dos RSU gerados em Hong Kong são de RCC.

Já no Brasil, cerca de 71,58 milhões de toneladas de resíduos são coletadas anualmente, sendo que 45,1 milhões de toneladas são provenientes da indústria da construção civil, o que equivale a 62%, uma média consideravelmente maior que a mundial (ABRELPE, 2017).

A substituição do agregado miúdo de argamassas de revestimento de paredes e tetos por RCC é uma opção técnica favorável e economicamente viável, pois proporciona redução de custos, melhoria na imagem da empresa e na utilização do espaço físico. Sendo assim, benefícios de ordem social, econômica e ambiental podem ser observados com a produção de argamassas de revestimento com resíduos da construção civil (LAPA, 2011).

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho é avaliar o comportamento de argamassas de revestimento no estado endurecido com substituição parcial e total do agregado natural por Resíduos da Construção Civil.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

De acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, resíduos da construção civil são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, comumente chamados de entulhos de obras.

Foi instituída em 2010 a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS - Lei Nº 12.305 de 2010), que define e estabelece diretrizes com a finalidade de organizar e regular os resíduos gerados no país e seu consequente descarte. A PNRS define os resíduos como:

XVI - resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível;

Segundo ABRECON (2017) - Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição, os materiais encontrados no entulho, que podem ser reciclados para produção de agregados, abrangem 3 grupos:

- Grupo I - Materiais compostos de cimento, cal, areia e brita: concretos, argamassa, blocos de concreto.
- Grupo II - Materiais cerâmicos: telhas, manilhas, tijolos, azulejos.
- Grupo III - Materiais não-recicláveis: solo, gesso, metal, madeira, papel, plástico, matéria orgânica, vidro e isopor. Desses materiais, alguns são passíveis de serem selecionados e encaminhados para outros usos. Assim, embalagens de papel e papelão, madeira e mesmo vidro e metal podem ser recolhidos para reutilização ou reciclagem.

Para saber a disposição final dos resíduos, bem como o gerenciamento do mesmo, é preciso conhecer a sua classificação, então a composição dos resíduos sólidos da construção civil é classificada conforme a resolução CONAMA 307/02 (Brasil, 2002), sendo:

- I – Classe A – são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: o de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; o de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; o de

processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fio etc.) produzido nos canteiros de obras;

- II – Classe B – são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;
- III – Classe C – são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;
- 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.

Por meio da NBR 10.004 - Resíduos Sólidos - Classificação (ABNT,2004), os resíduos sólidos são classificados de acordo com os riscos que oferecem para a saúde pública e ao meio ambiente, por meio do seu nível de periculosidade, que é dividido em:

- Resíduos classe I - Perigosos;
- Resíduos classe II – Não perigosos;
  - Resíduos classe II A – Não inertes.
  - Resíduos classe II B – Inertes.

Segundo Córdoba (2010), apesar de os resíduos de construção civil apresentarem composição bastante heterogênea, podendo possuir materiais que o caracterize como resíduo perigoso, mais de 90% são classificados como material inerte. O que mostra que o grande problema do RCC não advém de sua periculosidade, mas o impacto trazido pelo volume gerado. O descarte desenfreado desses materiais em aterros pode reduzir sua vida útil e quando despejados em locais inapropriados degradam o meio ambiente, comprometendo a paisagem, o tráfego, a drenagem urbana e também propiciam vetores de doenças.

## 2.2 RECICLAGEM E APLICAÇÃO DO RCC

Mesmo ainda sendo executada de forma artesanal, a construção civil como uma das atividades mais antigas praticadas pelo homem, sempre gerou grandes quantidades de entulhos minerais (LEVY; HELENE, 2000). No entanto, segundo Angulo et al. (2001) as propriedades físicas e químicas desses resíduos são devidamente apropriadas para serem empregadas como material de construção. Segundo JOHN (2000) esses materiais utilizados

pelo setor da construção civil são em sua maioria compostos silicosos, encontrados em diversos resíduos e com potencial de serem incorporados e reutilizados como substitutos de materiais industrializados que consomem altas quantidades de recursos não renováveis.

Careli (2014) mostra que a geração de resíduos em obras de estrutura de concreto armado, com vedações em alvenaria feita tanto com blocos de concreto ou com blocos cerâmicos, é de 0,10 e 0,15 m<sup>3</sup> de RCC/m<sup>2</sup> de área construída. Ainda de acordo o autor, 50% desse volume referem-se à alvenaria, concreto, argamassas e cerâmicos, 30% à madeira, 10% ao gesso, 7% ao papel, plástico e metais, e 3% são constituídos de resíduos perigosos e outros resíduos não recicláveis.

Sendo assim, em relação aos RCCs que podem ser reciclados e reaproveitados como agregados na indústria da construção civil, muitos autores apontam um percentual maior que 90% (CASSA, 2001; MARQUES NETO, 2005 e 2010; CÓRDORA, 2010, MARTINS FILHO et al., 2019). Como exemplo, Lima e Cabral (2013) apontaram que os resíduos de Classe A na cidade de Fortaleza/CE compõem 93,4% do total de resíduos gerados.

Tais resíduos que podem ser reciclados possuem uma série de aplicações. Segundo recomendações da (ABRECON, 2017), os usos sugeridos podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 - Aplicações de resíduos que podem ser reciclados.

Areia	Pedrisco	Brita	Bica corrida	Rachão
Produção de argamassa de assentamentos; Blocos; Tijolos de vedação.	Fabricação de artefatos de concreto, como mesas e bancos de praça, pisos intertravados e manilhas de esgoto.	Obras de drenagem e produção de concretos não-estruturais.	Base e sub-base de pavimentação, reforço e subleito de pavimentos e regularização de vias não pavimentadas.	Obras de pavimentação, drenagem e terraplanagem.

Fonte: Adaptado de ABRECON, 2017.

Além disso, pode-se observar que a reciclagem pode trazer inúmeros benefícios para o meio ambiente, tais como:

- Redução no consumo de recursos naturais não renováveis, quando substituídos por resíduos reciclados (JOHN, 2000);



- Redução das áreas necessárias para aterro em função da redução do volume de descarte final pela reciclagem (PINTO, 1999);
- Redução do consumo de energia durante o processo de produção (JOHN, 2000).

Diversos pesquisadores obtiveram resultados satisfatórios com a substituição de resíduos como agregado utilizados na construção civil. Os resultados obtidos por Pinto (1986) indicam que argamassas que contenham RCC com produtos cerâmicos em sua composição apresentam bom desempenho.

Já Offermam (1987) estudou a substituição de agregados naturais por RCC na produção de concreto não estrutural e observou que o material de resíduo menor que 4mm absorve grande quantidade de água, então fez a substituição dessa faixa granulométrica por areia normal.

Santos (2006) também analisou a utilização de resíduos da construção em concreto, porém com substituição do agregado graúdo. Em seu estudo observou que a resistência do concreto com agregado reciclado foi levemente inferior, mas apesar disso, notou que conforme diminuía o consumo de cimento nos traços as resistências se aproximavam do concreto de referência.

Segundo Martins Filho et al. (2019), a substituição total de agregado miúdo, areia natural quartzosa, por RCC na produção de argamassa de revestimento apresentou desempenho semelhante. Já no quesito fissuras, para os revestimentos feitos por Miranda (2001) com 9 traços diferentes de argamassas, verificou-se que os com 100% de entulho de argamassa moída e a mista de cimento, cal e areia é que apresentaram fissuras visíveis desde sua execução até a idade de 180 dias.

Ao substituir o cimento das argamassas por resíduos de pedreira de rocha calcária, com diâmetro de até 0,195 mm, Santos (2008) concluiu que houve redução no índice de consistência, no módulo de elasticidade, redução na resistência à flexão e à compressão, sem apresentar mudanças para a retenção de água e para o teor de ar incorporado. Porém, aumentou a absorção de água e a densidade de massa. No entanto, para argamassa de revestimento com fíller de areia de britagem Silva, Buest e Campitelli (2005) observaram uma diminuição na absorção de água por imersão e por capilaridade.

Os requisitos para o emprego de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil são especificados pela NBR 15115 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação (ABNT,2004) e NBR 15116 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em

pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos (ANBT, 2004). Essas normas estabelecem as características dos agregados reciclados para utilização em pavimentação e produção de concreto sem função estrutural, e ainda classifica os agregados reciclados em agregado de resíduo de concreto (ARC) e agregado reciclado misto (ARM). Além dessas, ainda temos outras normas que tratam dos resíduos da construção civil como a NBR 15112 – Áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos (ABNT, 2004); a NBR 15113 – Aterro para resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes (ABNT, 2004); a NBR 15114 – Área de reciclagem para resíduos sólidos da construção civil (ANBT, 2004).

### 2.3 ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

As argamassas de revestimento, segundo SCATAMBURLO (2014), possuem importante função na melhoria da qualidade de vida já que têm função de impermeabilização da alvenaria, o que inibe a proliferação de ácaros e fungos e infiltração de água.

A NBR 13281 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos (ABNT, 2005) define a argamassa como uma mistura homogênea de agregados miúdos, podendo ser areia natural ou agregado miúdo reciclado, aglomerantes inorgânicos como a cal e o cimento, e água, tendo ou não em sua composição aditivos com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada).

Pissolato (2016) garante que quando em estado fresco a argamassa deve possuir boa plasticidade para garantir sua trabalhabilidade, já em estado endurecido deve apresentar rigidez, resistência e aderência.

De acordo com Carasek (2013), as argamassas podem ser classificadas de acordo com os aglomerantes utilizados, sendo:

- Argamassa aérea: quando o aglomerante utilizado é a cal ou o gesso;
- Argamassa hidráulica: quando o aglomerante utilizado é o cimento;
- Argamassa mista: quando se utiliza mais que um aglomerante, como o cimento e a cal.

Devido à argamassa aérea ter um processo de evolução de resistência muito lento em relação às demais, no mercado brasileiro seu uso não é difundido. O uso de argamassas hidráulicas ou mistas é mais comum. (PISSOLATO, 2016).

De acordo com Cincotto et al (1995), o desempenho de uma argamassa de revestimento é avaliado em três etapas:

- Durante o seu preparo e no período em que se encontra no estado fresco;
- No período após a aplicação sob o substrato, quando a argamassa ainda está em endurecimento;
- Já no período de uso da edificação, no estado endurecido.

Três importantes propriedades da argamassa devem ser observadas no estado fresco: a aderência inicial, a trabalhabilidade, e a retração na secagem (PISSOLATO, 2016). Segundo Baía e Sabbatini (2008) a aderência inicial está relacionada ao fenômeno mecânico que ocorre em superfícies porosas, ocasionada pela entrada de pasta nos poros e saliências e do endurecimento crescente da pasta, sendo assim, a trabalhabilidade e retenção de água devem ser adequadas à sucção da base e as condições de exposição, para ser garantida uma adequada aderência inicial.

A trabalhabilidade, por sua vez, é uma propriedade de avaliação qualitativa, enquanto a retração na secagem pode ocasionar a formação de fissuras no revestimento, pois ocorre em função da água de amassamento e das reações de hidratação e carbonatação dos aglomerantes (BAÍA E SABBATINI, 2008).

Já em relação ao estado endurecido as propriedades da argamassa estão ligadas às características do substrato e da interface revestimento/substrato. Sua principal propriedade é a resistência de aderência à tração e sua análise se dá através de argamassa endurecida aplicada sobre alvenaria (SCATAMBURLO, 2014).

A resistência de aderência à tração também chamada de teste de arrancamento tem o objetivo de analisar a capacidade das argamassas resistirem a esforços normais de tração. Diversos fatores influenciam essa propriedade, como: absorção de água, resistência mecânica, textura superficial, condições de execução do assentamento da base e natureza do aglomerante. A falta de aderência ao substrato juntamente com as perdas são as maiores responsáveis pela falha das argamassas de revestimento (SANTANA; CARNEIRO; SAMPAIO, 2001).

Quanto à resistência das argamassas a compressão, a NBR 13281 (ABNT, 2005) apresenta diferentes classes de resistência, as quais podem ser vistas na Tabela 2.

Tabela 2 – Resistência à compressão

<b>Classe</b>	<b>Resistência à compressão MPa</b>	<b>Método de ensaio</b>
P1	$\leq 2,0$	ABNT NBR 13279
P2	1,5 a 3,0	
P3	2,5 a 4,5	
P4	4,0 a 6,5	
P5	5,5 a 9,0	
P6	$> 8,0$	

Fonte: NBR 13281 (ABNT, 2005)

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 MATERIAIS**

##### **3.1.1 Aglomerante**

Foi utilizado nessa pesquisa CP II-Z-32.

##### **3.1.2 Agregado miúdo**

O agregado miúdo utilizado foi a areia natural quartzosa média, disponível no laboratório da UTFPR, Campus de Apucarana, proveniente de fornecedores da região.

##### **3.1.3 Água**

Foi adicionado à mistura água potável, proveniente da rede de abastecimento de água da cidade de Apucarana, fornecida pela Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR.

##### **3.1.5 Resíduos da Construção Civil**

O resíduo da construção civil utilizado na pesquisa é proveniente de uma empresa localizada na cidade de Apucarana – PR, e possui granulometria de areia média.

###### **3.1.5.1 Empresa receptora e recicladora do RCC**

A empresa é a única licenciada na cidade para recepção e destinação de resíduos oriundos da construção civil e faz a britagem do material de classe A através de um britador de mandíbula, em 4 diferentes granulometrias: areia, pedrisco, brita e cascalho.

Nas Tabelas 3 e 4 podemos observar a quantidade média de caçambas recebidas por dia e a quantidade média de resíduos recebidos pela empresa por caçamba.

Tabela 3: Quantidade média de caçambas recebidas por dia

**Quantidade média de caçambas recebidas por dia**

Ano	2014	2015	2016	2017	2018
Núm. De caçambas/dia	30	32	42	57	58

Dados: Empresa X, 2019.

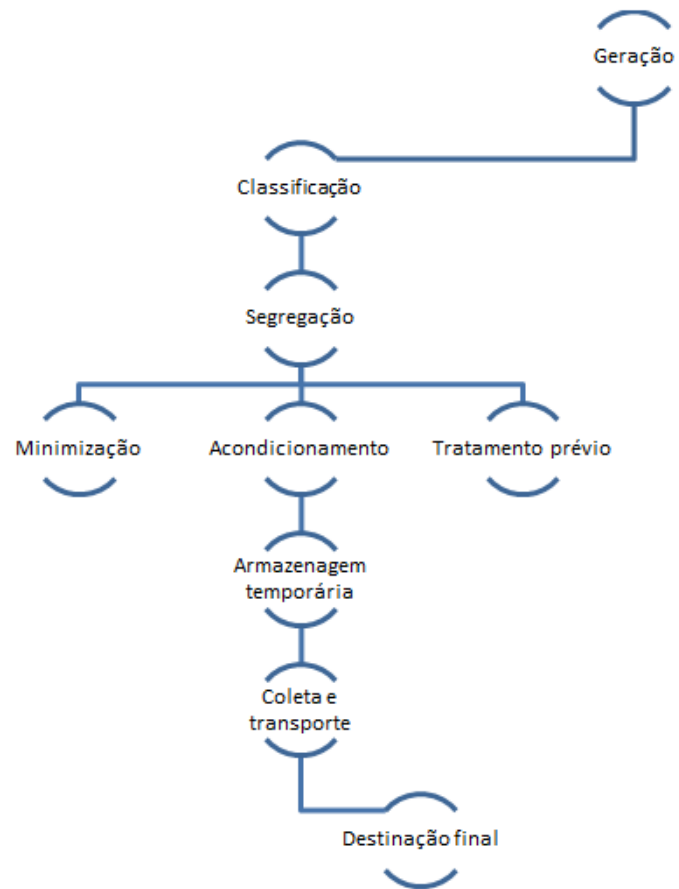
Tabela 4: Quantidade media de resíduos por caçamba

<b>Material</b>	<b>kg/Caçamba</b>
Material cerâmico + concreto+ argamassa	495
Plásticos em geral	2,15
PVC	1,9
Papel/papelão	3,24
Metais	8,65
Vidros	0,08
Madeiras	0,3
Isopor	0,84
Gesso	0,17
Sólidos contaminados	0,05
Sólidos prensáveis	3,63
Lâmpadas fluorescentes	0,04
Materiais que contenham amianto	3,3

Dados: Empresa X, 2019.

Na Figura 1, pode-se observar um fluxograma das etapas percorridas pelos resíduos desde a sua geração até a destinação final dada pela empresa.

Figura 1: Fluxograma das etapas percorridas pelo RCC



Dados: Empresa X, 2019.

## 3.2 MÉTODOS

### 3.2.1 Programa experimental

A primeira etapa dessa pesquisa consistiu na caracterização do agregado miúdo natural e reciclado de acordo com os ensaios de granulometria NBR NM 248 (ABNT, 2003), teor de pulverulento NBR 15116 (ABNT, 2004) e massa unitária NM 45 (ABNT, 2006).

Na segunda etapa foram formuladas argamassas cimentícias de revestimento com os dois tipos de agregado miúdo (Areia natural quartzosa e RCC). Os corpos de prova (CPs) produzidos foram feitos a partir do traço comum de 1:3 (aglomerante:agregado) e atenderam as diferentes porcentagens de substituição, variando em 20% entre a areia natural e o RCC, conforme pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5 – Porcentagens de substituição

<b>Traços</b>	<b>Areia Natural (%)</b>	<b>RCC (%)</b>
A0	100	0
A20	80	20
A40	60	40
A60	40	60
A80	20	80
A100	0	100

Fonte: Autora (2019).

As quantidades de cimento e agregado miúdo se mantiveram constante para todos os traços, porém o fator a/c diferiu de uma mistura para outra e foi aumentando conforme a quantidade de RCC aumentava. Essa quantidade de água nas misturas foi adicionada através de uma análise visual e de trabalhabilidade das argamassas. Os valores podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6 – Fator a/c das misturas

<b>A0</b>	<b>A20</b>	<b>A40</b>	<b>A60</b>	<b>A80</b>	<b>A100</b>
0,478	0,612	0,636	0,666	0,693	0,765

Fonte: Autora (2019).

A moldagem dos corpos de prova foi feita a partir da NBR 7215 (ABNT, 1996) e os ensaios de caracterização e classificação realizados nas argamassas encontram-se na Tabela 7. Todos os ensaios foram realizados após 28 dias de cura.



Tabela 7 – Ensaio de caracterização no estado endurecido

<b>Estado endurecido</b>	
<b>Ensaio</b>	<b>Número de amostras</b>
Resistência à Compressão Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão NBR 13279 (ABNT, 2005)	3
Argamassa e concreto endurecidos — Determinação da absorção de água por imersão NBR 9778 (ABNT, 2009)	3
Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultra-sônica NBR 15630 (ABNT, 2008)	3

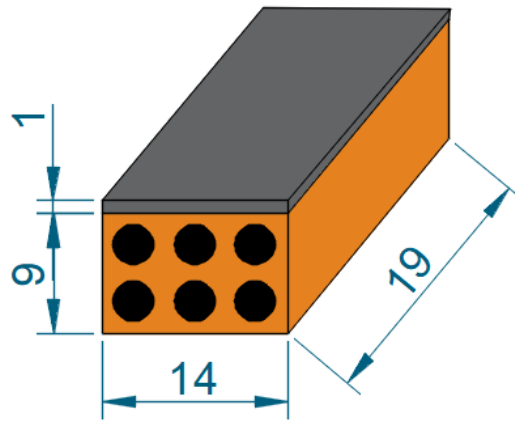
Fonte: Autora

Este trabalho também propôs uma nova metodologia para análise de fissuração das argamassas a partir de uma análise visual. O procedimento adotado foi:

- aplicação de uma camada de aproximadamente 1,0 cm de cada tipo de mistura sobre a face de maior área de blocos cerâmicos, conforme está demonstrado na Figura 2, seguida de 25 golpes;
- monitoramento do aparecimento de fissuras nos corpos-de-prova (CP) durante 28 dias sendo que foram tiradas fotos nas idades de 0, 3, 7, 14, 21 e 28 dias. As fotos foram tiradas pela mesma câmera com o uso do flash e à mesma distância do CP;
- no 28º dia foi aspergida uma mistura colorida (água + corante alimentício vermelho) na superfície dos blocos com a argamassa aplicada na intenção de destacar o possível aparecimento de fissuras;
- por fim, todas as fotos foram tratadas quanto a saturação da cor para facilitar a identificação visual dos efeitos do endurecimento das argamassas na superfície acabada. Com o tratamento da cor, as manchas claras e escuras foram delimitadas e tiveram suas áreas calculadas com ajuda do *software* “AutoCad”.

Na Figura 2 pode-se observar o desenho esquemático do tijolo com argamassa aplicada e suas dimensões em centímetros.

Figura 2: Desenho esquemático do tijolo com argamassa



Fonte: Autora (2019).

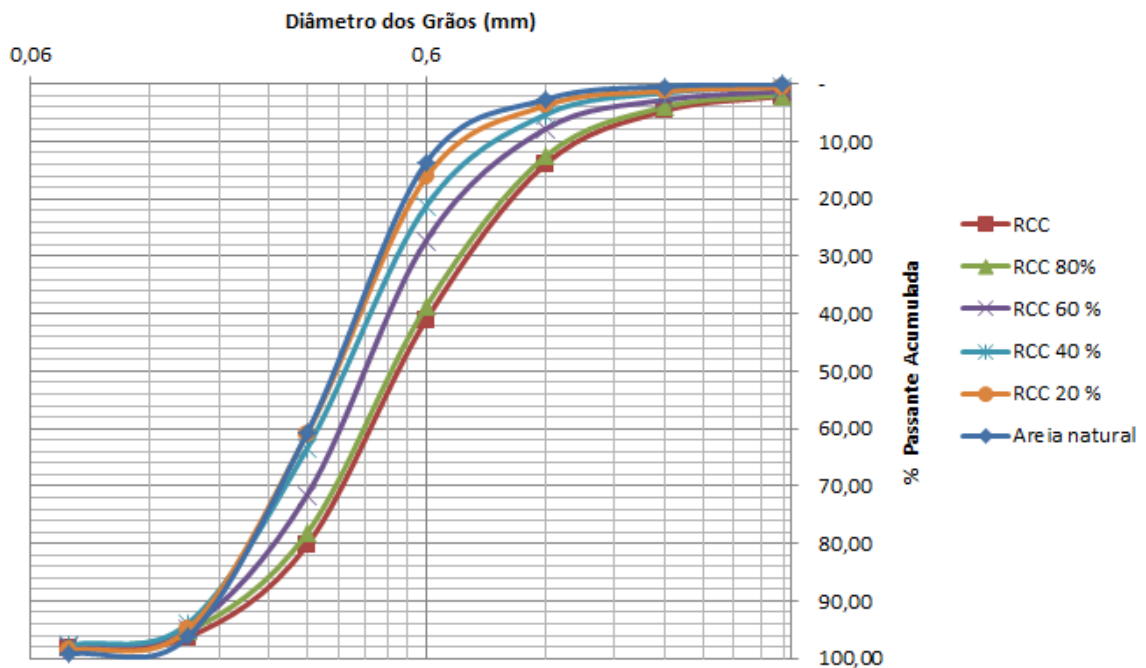
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DA AREIA NATURAL E DA AREIA RECICLADA

Foram obtidas, além das curvas da areia natural e RCC, curvas para cada traço de substituição.

As curvas obtidas podem ser observadas na Figura 3.

Figura 3: Curva granulométrica da areia natural e reciclada



Fonte: Autora (2019).

A partir dos resultados observa-se que os agregados apresentam uma distribuição granulométrica semelhante, embora os agregados naturais apresentem uma maior quantidade de finos em relação aos reciclados. Tal característica pôde ser observada visualmente devido a uma moagem de forma mais grosseira do RCC, mostrando uma grande quantidade de partículas maiores em sua composição.

O módulo de finura dos agregados pode ser observado na Tabela 8 e apresentou-se menor para o agregado natural, o que caracteriza sua granulométrica como mais fina em relação ao agregado reciclado.

Tabela 8: Módulo de finura

A0	A20	A40	A60	A80	A100
1,74	1,78	1,86	2,06	2,31	2,38

Fonte: Autora (2019).

O coeficiente de não uniformidade também foi calculado e todas as misturas são classificadas como muito uniformes. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 9.

Tabela 9: Coeficiente de não uniformidade

A0	A20	A40	A60	A80	A100
1,88	2,34	2,59	2,72	2,90	2,95

Fonte: Autora (2019).

Para os valores encontrados de coeficiente de curvatura tem-se que as misturas A20 e A40 apresentaram-se como mal graduadas, enquanto as demais encontram-se na faixa de solo bem graduado, como pode ser observado na Tabela 10.

Tabela 10: Coeficiente de curvatura

<b>A0</b>	<b>A20</b>	<b>A40</b>	<b>A60</b>	<b>A80</b>	<b>A100</b>
1,88	2,34	2,59	2,72	2,90	2,95

Fonte: Autora (2019).

O teor de material pulverulento foi de 0,29% para a areia natural e de 2,6% para a areia reciclada, o que está abaixo de 20%, que é o máximo permitido pela NBR 15116 (ABNT, 2004).

O valor de massa unitária determinado foi de 1627,8 kg/m<sup>3</sup> para a areia natural e 1373 kg/m<sup>3</sup> para a areia reciclada.

Como pode ser observado na Tabela 11, conforme cálculos realizados através da NBR 15630 (ABNT, 2008), o agregado reciclado apresentou uma menor densidade da argamassa no estado endurecido que o agregado natural. O que está diretamente ligado à massa específica dos materiais e ao teor de ar incorporado. Essa maior porosidade dos agregados naturais também interfere nos valores de massa unitária como foi observado anteriormente.

Tabela 11: Densidade da argamassa no estado endurecido

<b>A0 (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>A20(kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>A40(kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>A60(kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>A80(kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>A100(kg/m<sup>3</sup>)</b>
1940,49	1941,36	1918,30	1835,09	1792,52	1781,36

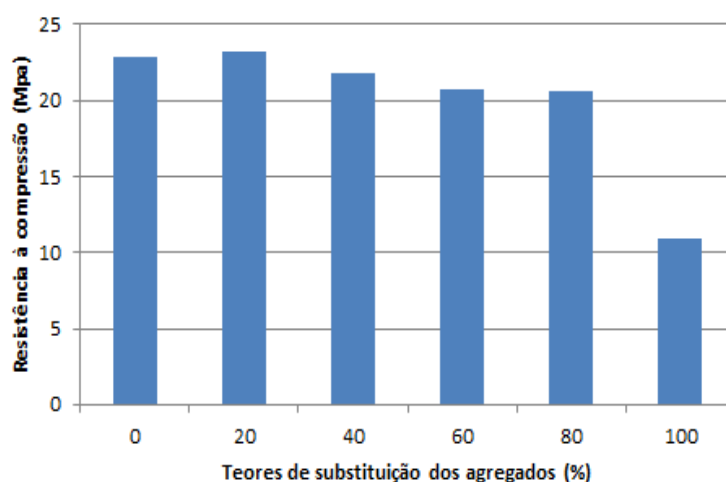
Fonte: Autora (2019).

Os valores obtidos foram diferentes dos encontrados por Jochen (2012), onde os valores de massa unitária foram maiores para os agregados reciclados utilizados, no entanto segundo a mesma autora através do histórico e de bibliografias, os valores de massa específica e unitária dos agregados reciclados costumam ser em média 10% menores que dos agregados naturais.

### 3.3 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

Os ensaios que foram realizados de resistência a compressão, aos 28 dias, trouxeram resultados satisfatórios em relação as substituições. Apesar de conforme foi aumentando os teores de RCC da mistura a resistência ter dado uma leve caída, não foram observadas quedas significativas. Houve uma exceção da mistura de 20% de substituição que teve um aumento na resistência de 4,65% em relação ao traço de referência, sendo 23,41 Mpa para o traço com 20% e 22,37 MPa para o referência. O único traço que ficou bem abaixo dos outros foi com 100% de substituição, com 10,91 Mpa.

Figura 4 – Resistencia à compressão



Fonte: Autora (2019).

A partir da classificação indicada pela NBR 13281 (ABNT, 2005), pode-se observar que todos os valores obtidos estão contidos no grupo de resistência P6. Esse fato provavelmente se deu pelo traço utilizado ser rico em cimento.

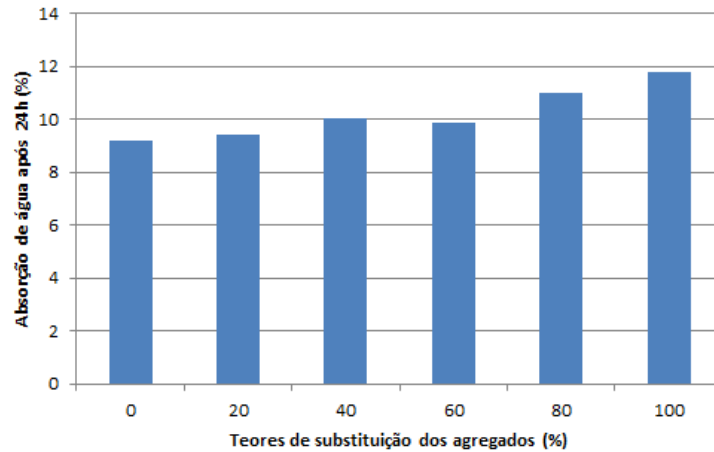
A perda de resistência a compressão das argamassas com agregados reciclados pode ser explicada pela porosidade e a forma lamelar dos grãos dos agregados, que resultam em maiores demandas de água (HEINECK, 2012).

### 3.4 ABSORÇÃO POR IMERSÃO

Os índices de absorção de água apresentados na Figura 5 mostram que a medida que é adicionado um percentual maior de agregado reciclado na mistura, a absorção de água da argamassa aumenta.

Foi obtido uma absorção de 9,2% para a argamassa padrão, enquanto para a argamassa com 100% de resíduos esse índice aumentou para 11,77%.

Figura 5 – Absorção de água



Fonte: Autora (2019).

Essa variação de absorção entre as argamassas com areia natural e reciclada, se dá provavelmente ao melhor empacotamento da argamassa sem substituição.

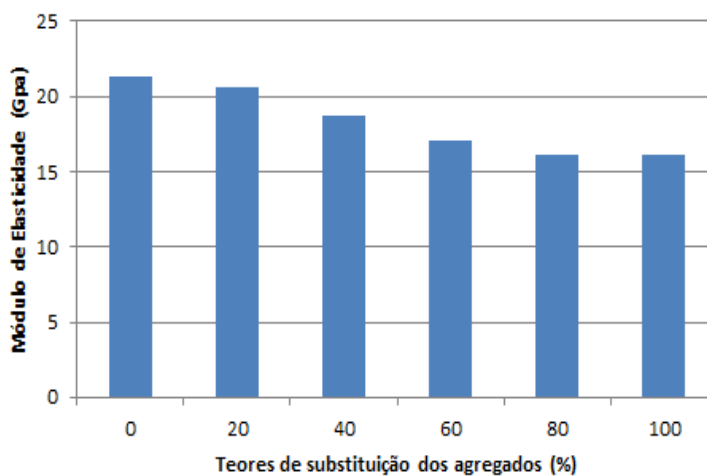
A absorção de água das argamassas está diretamente ligada ao índice de vazios. O agregado reciclado por possuir uma granulometria mais grossa do que o agregado natural, conseqüentemente, faz com que as argamassas com maiores teores de substituição tenham índices de vazios mais elevados.

PINTO (1989), determinou em sua pesquisa que argamassas com resíduos apresentam maior absorção que as convencionais e destacou que esse aumento se dá ao maior teor de materiais cerâmicos presentes em sua composição.

### 3.5 MÓDULO DE ELASTICIDADE

A realização do ensaio de módulo de elasticidade foi feita aos 28 dias e os resultados obtidos estão representados na Figura 6.

Figura 6 - Módulo de elasticidade dinâmico



Fonte: Autora (2019).

Diante dos resultados obtidos, observa-se uma diminuição do módulo de elasticidade conforme aumenta os teores de substituição de RCC na mistura. O maior valor obtido foi para a argamassa de referência com 21,26 GPa e o menor foi 16,09 GPa para a argamassa com 100% de substituição. Através disso, pode-se observar um aspecto favorável para a utilização dos agregados reciclados, pois resulta em uma argamassa com maior facilidade de absorver deformações.

Tal desempenho se da ao fato de o agregado reciclado utilizado ter um teor menor de finos do que o agregado natural, proporcionando uma microestrutura menos fechada. A maior quantidade de vazios ocasionada pela menor quantidade de finos gera um menor módulo de elasticidade.

O módulo de elasticidade das argamassas mostra a sua capacidade de fissuração e o nível de deformação, onde valores baixos correspondem a materiais com elevada deformabilidade enquanto valores altos revelam materiais mais rígidos (BARRA, 2011).

Pode-se observar também uma correlação entre os resultados obtidos, tendo em vista que o resultado do módulo de elasticidade está diretamente ligado aos resultados dos demais ensaios. Tal característica faz com que seja possível analisar que os traços com menor o módulo de elasticidade têm menor resistência, devido a maior quantidade de vazios, o que também implica na maior capacidade de absorver água.

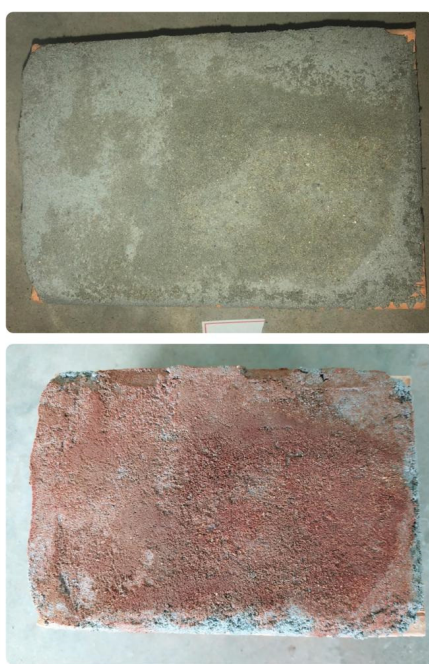
### 3.6 ANÁLISE VISUAL DA ARGAMASSA APLICADA

A intenção de aspergir a mistura colorida na superfície das argamassas aos 28 dias era de destacar fissuras menores formadas, que em razão da cor uniforme da superfície acinzentada, pudessem não ser identificadas somente através das fotos. Porém, para todas as argamassas também não foi possível identificar a olho nu a formação de fissuras nas superfícies coloridas (FIGURA 7). Ressalte-se que os resultados de módulo de elasticidade mostraram que as argamassas com RCC são mais deformáveis, o que pode reduzir a ocorrência de fissuras.

Conforme identificado por Miranda (2001) o aparecimento de fissuras nas argamassas com o emprego de RCC é comum em razão do teor de pulverulento que esse tipo de agregado tende a apresentar. No entanto, como já citado, os agregados utilizados neste trabalho apresentaram baixo teor de material passante na peneira #200, o que justifica o fato de na análise visual ter sido possível identificar que o processo de retração foi ameno, ou seja, não houve formação de fissuras visíveis a olho nu.

Nas Figuras 8 a 13 apresenta-se as fotos de cada traço com as delimitações feitas nas idades avaliadas. Presume-se que as áreas mais escuras representam as partes das argamassas que estão em processo de cura e que também podem ser resultado do processo de retração natural durante a hidratação dos grãos de cimento dentre 28 dias.

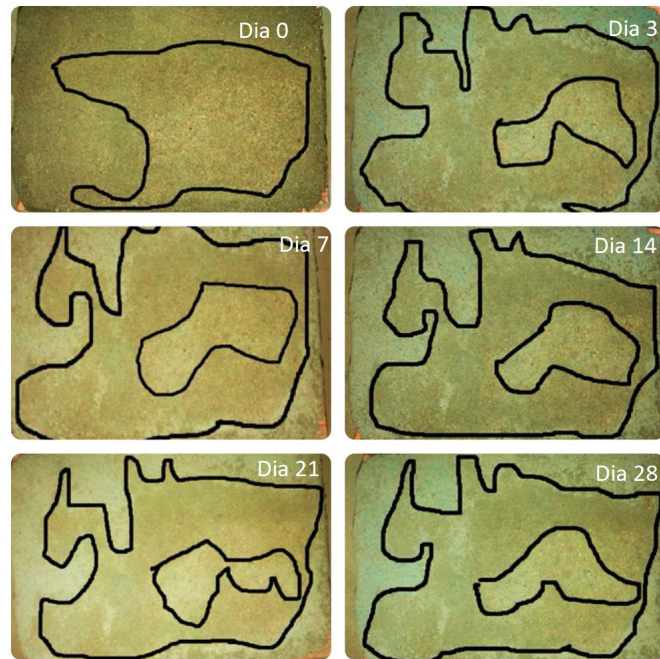
Figura 7 - Foto do bloco com argamassa aplicada com e sem corante



Fonte: Autora (2019).

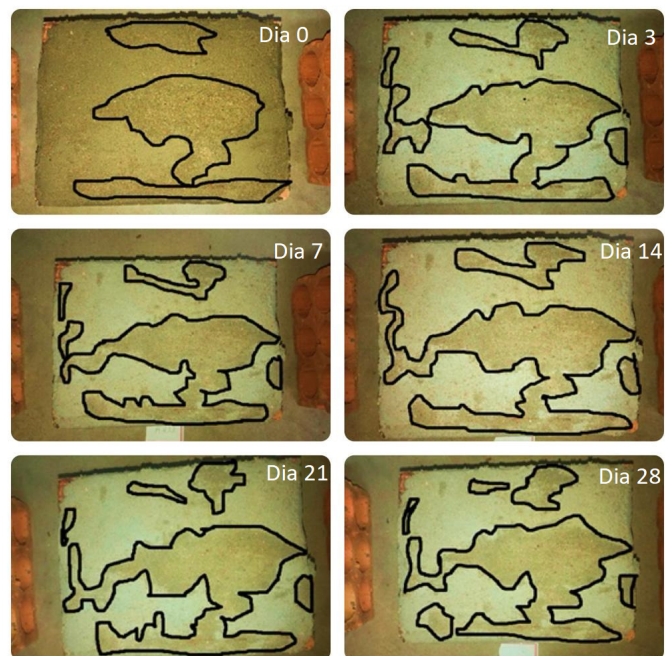


Figura 8 – Traço A0



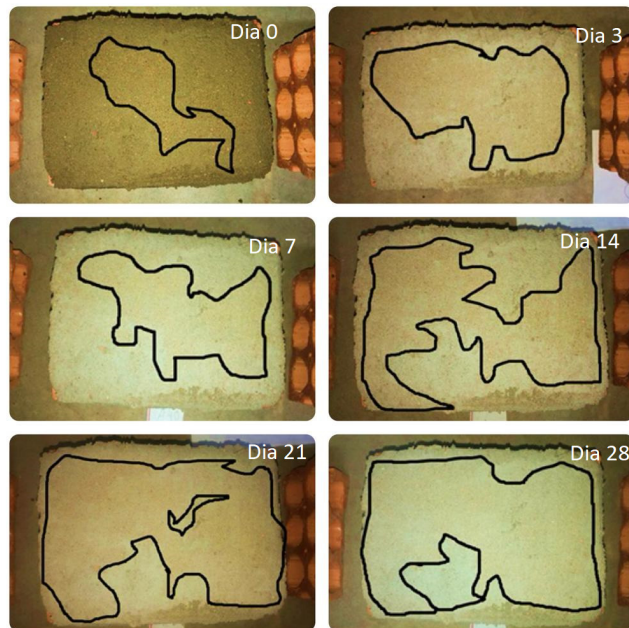
Fonte: Autora (2019).

Figura 9 – Traço A20



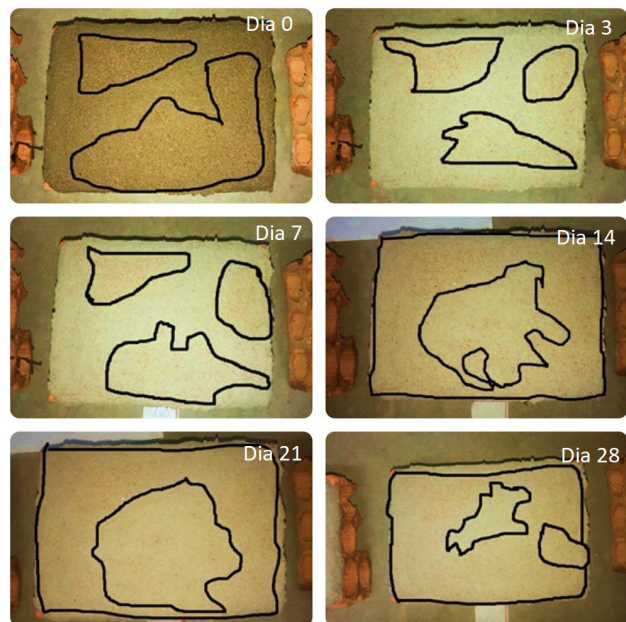
Fonte: Autora (2019).

Figura 10 – Traço A40



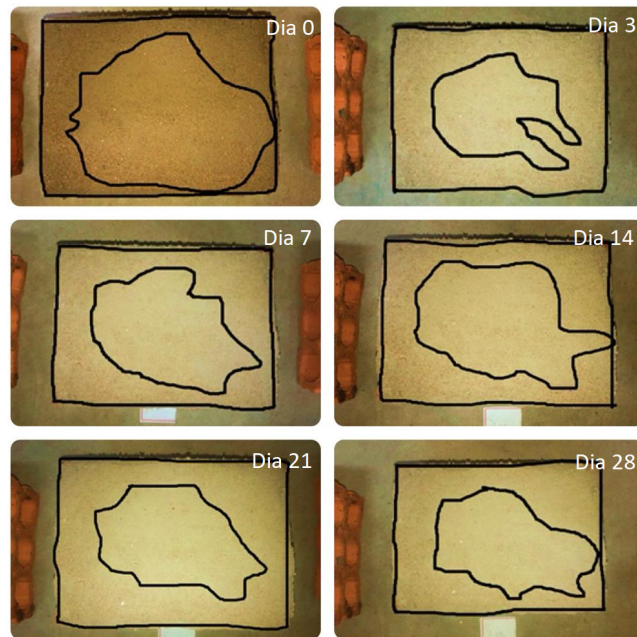
Fonte: Autora (2019).

Figura 11 – Traço A60



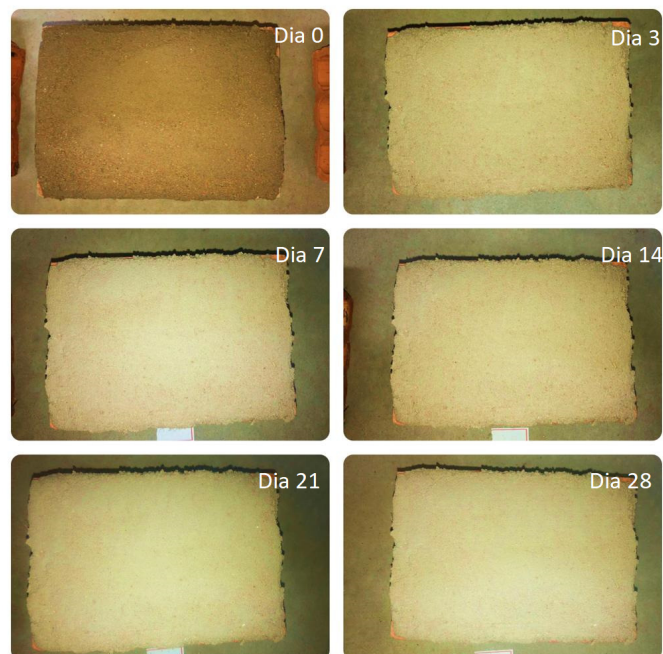
Fonte: Autora (2019).

Figura 12 – Traço A80



Fonte: Autora (2019).

Figura 13 – Traço A100



Fonte: Autora (2019).

Observando somente as imagens com as áreas escuras delimitadas percebe-se que há alterações de aumento e redução das mesmas. Percebeu-se os traços com maiores quantidades de RCC (A80 e A100) aparentaram maior uniformidade na coloração durante o decorrer do ensaio dificultando a identificação das áreas. Para esse efeito, levantam-se duas hipóteses: a

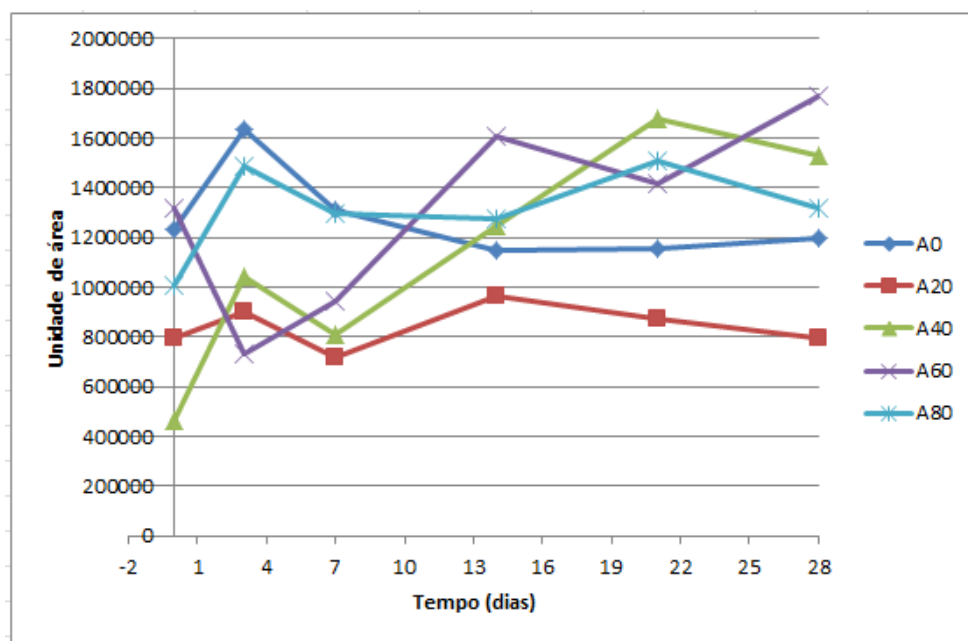
coloração foi afetada pela própria cor do agregado que possui uma pequena porcentagem de fração vermelha; o processo de secagem foi facilitado pela porosidade e permeabilidade da mistura resultante da granulometria do agregado (a areia reciclada apresentou frações mais grossas que a natural).

Sendo assim, foram quantificadas essas áreas afim de analisar esse comportamento. Para o traço A100 não foi possível delimitar e quantificar as áreas, pois a coloração ficou praticamente uniforme durante os 28 dias

A partir da Figura 14, percebe-se que para a maioria das argamassas houve um aumento das áreas escuras logo nos 3 primeiros dias caracterizando um endurecimento inicial. De modo geral a argamassa de referência (A0) e a com menor teor de RCC (A20) apresentaram uma menor variação das áreas a partir do 14º dia; efeito que pode ser explicado pela menor porosidade desses materiais, já identificado por meio do ensaio de absorção, fazendo com que as reações de hidratação ocorressem mais controladamente.

Por fim, a partir deste ensaio pode-se verificar que de modo geral não houve retração significativa para todos os traços e principalmente com a inserção do agregado reciclado. Mas, que certamente isso principalmente ocorreu devido à granulometria do mesmo.

Figura 14 – Gráfico das áreas escuras



Fonte: Autora (2019).

Ressalta-se que os valores foram obtidos na mesma escala, mas sem possibilidade de definição de unidade de medida real (cm<sup>2</sup>, mm<sup>2</sup>). Portanto, adotou-se como uma unidade de área genérica para fins de comparação entre os resultados.

## 4 CONCLUSÃO

Após a análise dos resultados obtidos, pode-se chegar a conclusão de que as argamassas com RCC mostraram ter desempenho semelhante ao da argamassa de referência quanto a compressão, tendo em vista que apenas o traço com 100% de substituição ficou consideravelmente abaixo dos demais, mas mesmo assim dentro dos limites estabelecidos em norma.

Os resultados obtidos de módulo de elasticidade mostram-se favoráveis, pois mostra que as argamassas com maiores teores de substituição têm maior facilidade de absorver deformações. A elevada deformabilidade dessas argamassas reduz a incidência de fissuras.

A maior absorção das argamassas com maior porcentagem de RCC se deu devido ao possível maior índice de vazios desses traços e também a presença de resíduos cerâmicos em sua composição.

Observando o fator  $a/c$  pode-se concluir que as argamassas com substituição demandam um maior consumo de água, que também pode ser resultante da fração vermelha presente que o RCC contém. Sendo assim, poderia ser uma opção o uso de aditivos plastificantes para manter uma consistência adequada sem adição de água, não esquecendo que o uso desses materiais na mistura poderia ir contra questões de sustentabilidade da argamassa.

Fazendo uma análise visual do comportamento da argamassa concluiu-se que os traços com maiores quantidades de RCC aparentaram maior uniformidade na coloração com o passar dos dias, o que pode ser explicado pela presença de uma fração de materiais cerâmicos na composição do agregado ou por sua granulometria mais grossa.

Por fim, diante dos resultados obtidos para esta pesquisa pode-se verificar que o RCC atendeu as exigências estabelecidas pelas normas da ABNT, possibilitando a utilização deste material para a produção de argamassas de revestimento.

### 5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Fazer um protótipo em escala real para aplicação das argamassas e verificação das fissuras;
- Estudo do estado fresco da argamassa para justificar os efeitos no estado endurecido;
- Realizar uma análise de durabilidade das argamassas produzidas com RCC;

- Realizar ensaios de resistência a tração ou arrancamento nas argamassas;
- Testar RCCs de material cerâmico e de concreto separadamente;
- Realizar um estudo da viabilidade econômica da aplicação do RCC;
- Aumentar a quantidade de CP's

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 45**. Agregados - determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

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

\_\_\_\_\_. **ABNT NM 248**. Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio De Janeiro, 2003.

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

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 13279**. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 13281**. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. São Paulo, 2005.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 15112**: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. São Paulo, 2004.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 15113**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação. São Paulo, 2004.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 15114**: Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. São Paulo, 2004.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 15115**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos. São Paulo, 2004.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 15116:** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos. São Paulo, 2004.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 15630:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO - **ABRECON**. <http://www.abrecon.org.br/>. Acessado em 27 de maio de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2016. São Paulo: Abrelpe, 2017. 64 p. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf> Acesso em: 25 Set. 2019.

**BRASIL.** Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências, 2010.

BAIA, LUCIANA LEONE MACIEL, SABBATINI, FERNANDO HENRIQUE, **Projeto e execução de Revestimentos de Argamassa**, São Paulo: O nome da Rosa, 2002.

BARRA, A. T. P. **Caracterização física e mecânica de argamassas não estruturais com agregados finos reciclados**. Dissertação (Mestrado). Universidade de Lisboa. Lisboa, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº307**, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Brasília – DF, n. 136, 17 jul. 2002, p.95-96. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/\\_arquivos/36\\_09102008030504.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/36_09102008030504.pdf). Acessado em: 27 de maio de 2019.



CARASEK, H. **Argamassas In Materiais de Construção Civil e princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. Capítulo 26. IBRACON, 2013.

CARELI, E. **REUSO DE RESÍDUOS ALINHA ECONOMIA À BENEFÍCIO AO MEIO AMBIENTE**. Disponível em: <http://www.obralimpa.com.br/index.php/reuso-de-residuos-aliaeconomia-a-beneficios-ao-meio-ambiente/>. Acesso em: 25 jan. 2014.

CASSA, J. C., CARNEIRO, A. P., BRUM, I. A. S. **Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção: projeto entulho bom**, 1ed, EDUFBA, Salvador, BA, 2001.

CINCOTTO, M. A., SILVA, M. A. C., CARASEK, H. **Argamassas de revestimento; Características, propriedades e métodos de ensaio** (Publicação IPT 2378). 1.ed, São Paulo: Institutos de Pesquisas Tecnológicas, 1995. 118p

FREITAS, M. I. **Os resíduos de construção no município de Araraquara/SP**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) - Centro Universitário de Araraquara (UNIARA), 2009.

HEINECK, S. **Desempenho de argamassas de revestimento com incorporação da fração miúda da britagem de concreto**. Dissertação (Mestrado). Universidade do vale do rio dos sinos, São Leopoldo, 2012.

INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION. **ISWA report 2015**. Viena: ISWA, 2015. 37 p. Disponível em: <[http://www.iswa.org/fileadmin/galleries/Publications/ISWA\\_Reports/ISWAreport2015\\_web\\_red.pdf](http://www.iswa.org/fileadmin/galleries/Publications/ISWA_Reports/ISWAreport2015_web_red.pdf)>. Acesso em: 25 setembro 2017.

JOCHEN, L. F. **Estudo das argamassas de revestimento com agregados reciclados de RCD: características físicas e propriedades da microestrutura**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2012.

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

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

LEVY, S. M.; HELENE, P. R. L. Durabilidade de concretos produzidos com resíduos minerais de construção civil. In: III SEMINÁRIO: DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL: PRÁTICAS RECOMENDADAS, IBRACON, 3., São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: IBRACON, 2000. p. 03-14.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das construções: procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações.** São Paulo, 1985. 191p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade São Paulo.

LIMA, J. A. R. **Proposição de diretrizes para produção e normalização de resíduo de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concretos.** 1999. 223f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

LIMA, Adriana Sampaio; CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra. Caracterização e classificação dos resíduos de construção civil da cidade de Fortaleza (CE). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 169-176, jun. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522013000200009>>. Acesso em: 12 ago. 2019.

MARQUES NETO, J. C., SCHALCH, V. **“Gestão dos resíduos de construção e demolição: estudo da situação no município de São Carlos-SP”**, Engenharia Civil, v. 36, p. 41- 50, 2010.

MARQUES NETO, José da Costa. **Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil.** São Carlos: RiMa, 2005. 142p.

MARTINS FILHO, S. T.; CANOVA, J. A.; KLEIN, N. S.; PEIXOTO, V. P. **Utilização de resíduos da construção civil e cinza do bagaço da cana-de-açúcar para a produção de argamassa de revestimento.** Rev. Agro. Amb., v. 12, n. 2, p. 633-678, abr./jun. 2019.

MIRANDA, L. F. R.; ANGULO, S. C.; CARELI, É. D. A reciclagem de resíduos de construção civil no Brasil: 1986 - 2008. In: **Ambiente Construído**. v. 9. n. 1. p. 57-71. Porto Alegre, 2009.

MIRANDA, Leonardo Fagundes Roseback; SELMO, Sílvia Maria de Souza. Desempenho de revestimentos de argamassa com entulho reciclado. 2001. 12 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

OFFERMANN, E.H. **O futuro da reciclagem de entulho de construção** (Tradução). Hochschuljournal Essen, n. 52, 1987.

OLIVEIRA, M. S.; SILVEIRA, J. S.; MORATO, J. B.; AVELLAR, G.; VALADÃO, R. C. Impactos ambientais decorrentes da extração de areia, Cachoeira da Prata - MG. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 9. **Anais** [...]. Rio de Janeiro, 2012.

PINTO, T. P. P. **Utilização de Resíduos de Construção: estudo do uso em argamassas**. São Paulo, 1986. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1986.

PINTO, T. P. (1989). **Utilização de resíduos de construção. Estudo do uso em argamassas**. São Carlos, 140p. Dissertação (mestrado). Departamento de Arquitetura e Planejamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

PINTO, T.P. **Metodologia para gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia e Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.

PISSOLATO JUNIOR, Osvaldo. **Argamassa de revestimento usando areia proveniente da britagem de construção civil**. 2016. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias (ceatec), Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2016.

SANTANA, M. J. A.; CARNEIRO, A. P., SAMPAIO, T. S. USO DO AGREGADO RECICLADO EM ARGAMASSA DE REVESTIMENTO. **ENTULHO BOM**, Salvador, nº1, p. 262 – 299, 2001.

SANTOS, D.R. **Propriedades do Concreto Produzido com Agregado Graúdo Reciclado de Resíduos da Etapa de Produção das Alvenarias**. Dissertação. Universidade Federal de Goiás. 2006.

SANTOS, M. L. O. **Aproveitamento de resíduos minerais na formulação de argamassas para a construção civil**. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

SCATAMBURLO, L. F. A. **A gestão dos resíduos da construção civil e o aproveitamento dos resíduos classe A e na produção de argamassa para revestimento**, Monografia, Escola Politécnica, Universidade São Paulo, USP, São Paulo, SP, 2014.

SILVA, N. G.; BUEST, G.; CAMPITELI, V. C. A influência do fíler de areia britada de rocha calcária nas propriedades da argamassa de revestimento. **Anais...** Seminário o Uso da Fração Fina da Britagem, 2 ,2005, São Paulo, 2005.

SINDUSCON-SP, Sindicato da Indústria da Construção Civil de São Paulo. **Gestão Ambiental dos Resíduos da Construção Civil**. São Paulo: SINDUSCONSP, 2005. 48p.