



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Cleiton Oliveira dos Santos

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO PARA REBOCO:

Aderência ao substrato.

Palmas – TO

2017

Cleiton Oliveira dos Santos

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO PARA REBOCO:

Aderência ao substrato.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Esp. Fernando Moreno Suarte Junior.

Palmas – TO

2017

Cleiton Oliveira dos Santos

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO PARA REBOCO:

Aderência ao substrato.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Esp. Fernando Moreno Suarte Junior.

Aprovado em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Esp. Fernando Moreno Suarte Junior

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. Msc. Fabio Henrique de Melo Ribeiro

Avaliador 1

Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. Msc. Maria Carolina de Paula Estevem D' Oliveira

Avaliador 2

Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas - TO

2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, que me deu forças para nunca desistir, apesar das inúmeras dificuldades.

Aos meus pais João José e Vera Lucia, que sempre me deram todo tipo de apoio que precisei, e são os principais responsáveis pela minha formação, tanto da vida, como profissional.

Agradeço também ao professor e orientador Fernando Suarte, pelas orientações fornecidas para que fosse possível o desenvolvimento deste trabalho e de outras matérias de grande importância do curso.

Aos meus amigos, colegas e parceiros de estudos que adquiri ao longo do curso, Adedson, Alef e Michelly, Augusto, Jackson e Analice, Elizeu e Brenda, Joao Matheus, Breno, Kelves, Jânio, Hingria e Wanderson por toda ajuda e apoio, sendo estes de suma importância para que eu conseguisse vencer os obstáculos que apareceram.

E por fim ao empresário José Donizeti, juntamente toda equipe Crema Engenharia, e a todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

RESUMO

SANTOS, Cleiton Oliveira. **UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO PARA REBOCO: Aderência ao substrato.** 2017. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2017.

O trabalho em questão discute a utilização de resíduos provenientes de construção e demolição civil para reboco, testando sua aderência ao substrato. Tendo em vista acabar com o crescimento desordenado desse lixo inerte que vem sendo um problema para a sociedade, e para a degradação do meio ambiente (CONAMA 307,2002). Diante disso foram produzidas argamassas para reboco, substituindo parcialmente agregados miúdos naturais por agregados reciclados, tendo como objetivo principal analisar a aderência entre a argamassa e o substrato. Possuindo à princípio como base outras pesquisas com resultados satisfatórios (ASSUNÇÃO,2007). Utilizando para obtenção dos resultados os procedimentos de execução e ensaio das normas ABNT NBR 7200, 1998; NBR 13528, 2010. O processo experimental foi realizado inicialmente pelo beneficiamento dos resíduos, seguido pela criação de um protótipo de alvenaria (substrato), posteriormente caracterização dos agregados, e produção e aplicação das argamassas, e por fim a resistência de aderência à tração após 28 dias a execução do reboco. Após a execução do ensaio de tração foi identificado que a substituição de agregado natural por agregado reciclado proporcionou redução na aderência do reboco ao substrato, porem ainda sendo satisfatório, pois resultou em tensões de rupturas aceitáveis pela norma pertinente NBR 13749,2013.

Palavras chaves: Substituição, Agregado Miúdo Reciclável, Aderência.

ABSTRACT

SANTOS, Cleiton Oliveira. USE OF CONSTRUCTION RESIDUE AND DEMOLITION FOR GRINDING: Adhesion to the substrate. 2017. 70 f. Course Completion Work (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Lutheran University Center of Palmas, Palmas / TO, 2017.

The work in question discusses the use of waste from construction and civil demolition for rendering, testing its adhesion to the substrate. In order to end the disorderly growth of this inert waste, which has been a problem for society, and for the degradation of the environment (CONAMA 307, 2002). At that time mortar was produced for rendering, partially replacing natural small aggregates with recycled aggregates, with the main objective of analyzing the adhesion between the mortar and the substrate. Possessing at the beginning as base other researches with satisfactory results (ASUNCTION, 2007). Using to obtain the results the procedures of execution and test of the norms ABNT NBR 7200, 1998; NBR 13528, 2010. The experimental process was carried out initially by the processing of the residues, followed by the creation of a prototype of masonry (substrate), later characterization of the aggregates, production and application of the mortars, and finally the adhesion resistance to traction after 28 days the execution of plaster. After the tensile test was carried out, it was identified that the replacement of natural aggregate by recycled aggregate provided a reduction in the adhesion of the plaster to the substrate, but it was still satisfactory, as it resulted in tensions of ruptures acceptable by the pertinent norm NBR 13749,2013.

Keywords: Replacement, Aggregate Recyclable Kid, Adherence.

LISTA DE FIGURA

Figura 1: Presença de RCD nas áreas urbanas.....	17
Figura 2: Estrutura de revestimentos em bases de concreto e alvenaria.....	23
Figura 3: Fatores de Influência na aderência das argamassas.....	27
Figura 4: Esquema do ensaio de resistência à tração.....	28
Figura 5: Formas de ruptura do ensaio de resistência à tração.	29
Figura 6: Localização da Obra Conjunto Habitacional 02.	30
Figura 7: Plataforma Metálica e martelo para fragmentação de resíduos.	31
Figura 8: Britador de mandíbula – BM2 9060mm WEG.	32
Figura 9: Moinho de Bolas tipo Jarro.....	32
Figura 10: Moinhos de Bolas e Esferas Metálicas.....	33
Figura 11: Composição Analítica do traço referencia para reboco, pago pela Caixa Econômica.....	34
Figura 12 – Recipiente paralelepípedo.	34
Figura 13: Aparelhagem do ensaio do índice de consistência – Mesa e Tronco de cone	35
Figura 14: Aparelhagem do ensaio do índice de consistência – Misturador Mecânico.	35
Figura 15: Protótipo do Projeto – Vista Frontal.....	36
Figura 16: Protótipo do Projeto – Vista Lateral.....	37
Figura 17: Composição Analítica do traço referencia para chapisco.....	38
Figura 18: Execução do Revestimento Reboco.	39
Figura 19: Conjunto de aparelhagem durante a execução do ensaio de aderência à tração.	40
Figura 20 – Média das determinações da distribuição granulométrica da areia grossa.	42
Figura 21 – Média das determinações da distribuição granulométrica da areia média.	43
Figura 22 – Média das determinações da distribuição granulométrica RCD.....	44
Figura 23 – Média das determinações das distribuições granulométrica dos agregados em estudo.....	45
Figura 24 – Material Pulverulento dos Agregados Miúdos Estudados	46
Figura 25 – Média de aderência à tração de Argamassas com substituição de Areia natural por RCD.	50
Figura 26 – Curva de Tendência de aderência à tração de Argamassas com substituição de Areia natural por RCD.	51
Figura 27 – Média das Formas de Ruptura nas Camadas Constituintes dos Revestimentos Estudados.....	53
Figura 28 – Absorção de Água por Imersão.....	55
Figura 29 – Reciclador de Resíduo de Construção Civil.	57
Figura 30 – Análise de Consumo de Água em Relação a Quantidade de RCD.....	58
Figura 31 – Consumo de Aditivo Impermeabilizante em Relação a Quantidade de RCD.	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Espessuras máximas e mínimas que o reboco deve possuir	38
Tabela 2 – Resistências mínimas de aderência para revestimentos de cerâmica/pintura/reboco	41
Tabela 3 – Distribuição granulométrica areia grossa	42
Tabela 4 – Distribuição granulométrica areia média.	43
Tabela 5 – Distribuição granulométrica agregado reciclado.....	44
Tabela 6 – Distribuição granulométrica dos agregados estudados	45
Tabela 7 – Massa Específica dos Agregados Miúdos Estudados	46
Tabela 8 – Material Pulverulento dos Agregados Miúdos Estudados	46
Tabela 9 – Massa Unitária dos Agregados Miúdos Estudados	47
Tabela 10 – Composição dos traços utilizados com teores de substituição de agregado por RCD.	48
Tabela 11 – Índice de Consistência de Argamassas com substituição de Agregado Miúdo por RCD.....	49
Tabela 12 – Média de aderência à tração de Argamassas com substituição de Areia natural por RCD.	50
Tabela 13 – Variação da resistência dos corpos de provas das argamassas com 28 dias.....	52
Tabela 14 – Média das Formas de Ruptura das Argamassas com substit. de Areia natural por RCD.	53
Tabela 15 – Absorção de Água por Imersão.....	54
Tabela 16 – Comparativo dos Ensaios Realizados nas Argamassas.	55
Tabela 17 – Comparativo de custo de 1 metro cúbico de agregado natural e reciclado.....	56

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Ag. M	Agregado Miúdo
CP – B	Cimento Portland Branco
CP II-F	Cimento Portland composto com filer
CP II-E	Cimento Portland composto com escória granulada de alto forno.
CP II – Z	Cimento Portland composto com pozolana
CP I	Cimento Portland comum
CP I-S	Cimento Portland comum com adição pozolânica
CP III	Cimento Portland de alto forno
CP V-ARI	Cimento Portland de alta resistência inicial
CP-BC	Cimento Portland de baixo calor de hidratação
CP IV	Cimento Portland Pozolânico
CP-RS	Cimento Portland resistente a sulfatos
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
MF	Módulo de Finura
MPa	Mega Pascal
RCD	Resíduo de Construção e Demolição de Construção Civil
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índice.
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso.

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área;
°C	Graus Celsius;
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas;
Cm ³	Centimetro Cubico;
Dm	Decimetro Cubico;
F	Força;
G	Grama;
Kg	Kilograma;
Mm	Milimetro;
MI	Milimetro;
Mpa	Mega Pascal;
N	Newton.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	Erro! Indicador não definido.
1.2 HIPÓTESE	Erro! Indicador não definido.
1.3 OBJETIVOS	14
1.3.1 Objetivo Geral	14
1.3.2 Objetivos Específicos	14
1.4 JUSTIFICATIVA	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO DE CONSTRUÇÃO CIVIL (RCD) 16	
2.2 IMPACTO AMBIENTAL	18
2.2.1 Sustentabilidade	19
2.3 ARGAMASSA DE CIMENTO	19
2.3.1 Insumos	20
2.4 TRAÇO	23
2.5 ESTRUTURA DO REVESTIMENTO	23
2.5.1 Substrato	24
2.5.2 Chapisco	24
2.5.3 Emboço	25
2.5.4 Reboco	25
2.6 ADERÊNCIA	26
2.6.1 Avaliação da aderência à tração	27
3. METODOLOGIA	28
3.1 APRESENTAÇÕES DO OBJETO DE ESTUDO	30
3.1.1 Localização:	30
3.1.2 Coleta, Transporte e Armazenamento do resíduo:	31
3.1.3 Processamento dos Resíduos de construção e demolição (RDC):	31
3.1.4 Caracterização das propriedades do agregado	33
3.1.5 Produção da argamassa:	34
3.1.6 Ensaio de Consistência	35
3.1.7 Criação do protótipo para aplicação do reboco com argamassa de diferentes teores de agregado reciclável:	36
3.2 ENSAIOS NO ESTADO ENDURECIDO	39

3.2.1 Ensaio de Aderência à Tração:	39
3.2.2 Ensaio de Absorção de Água:	40
3.2.3 Análise da Viabilidade Financeira:	40
3.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS:	40
3.3.1 Resistência de Aderência:.....	41
3.3.2 Forma de ruptura dos corpos-de-prova	Erro! Indicador não definido.
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS.....	42
4.1.1 Caracterização do agregado	42
4.1.2 Massa específica pelo frasco de Chapman	46
4.1.3 Material pulverulento	46
4.1.4 Massa unitária	47
4.2 CARACTERIZAÇÕES DAS ARGAMASSAS.....	48
4.2.1. Determinação do traço da argamassa.....	48
4.2.2 Determinação do índice de consistência	48
4.2.3 Aferição da Resistência à Tração do Protótipo	49
4.2.4 Determinação da Absorção de Água por Imersão.....	54
4.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE FINANCEIRA.....	56
5. CONCLUSÃO.....	59
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	61

1 INTRODUÇÃO

Durante a execução de uma obra, existe um problema quase inevitável, que resume – se nas palavras “geração de resíduos”. Mesmo com avanços tecnológicos, criação de equipamentos e novos métodos construtivos, o “entulho”, assim como é chamado dentro do canteiro de obras, o problema persiste em existir. Os resíduos de construção e demolição civil (RCD) apesar de não gerarem chorume e não emitirem gases poluentes, e nem contaminarem recursos hídricos, como ocorre com o resíduo doméstico, é algo que não se decompõe na natureza, permanecendo inerte, sendo um problema constante. Ultimamente estão sendo realizadas pesquisas de todos os tipos para reaproveitamento de RCD, proveniente de restos de alvenaria e concreto, estudos que envolvem a trituração e aplicação em argamassas e concreto, visando dar um fim para o entulho.

A triagem e processamento de resíduo de construção civil ainda é uma área pouco explorada na capital Palmas – Tocantins, por ser uma zona urbana nova e em fase de construção, tendendo a ser uma enorme geradora de RCD, devido as possíveis construções futuras. A destinação final da maioria de entulhos provenientes de construção e demolição são aterros de inertes e terrenos vazios. Uma vez que o solo tem-se misturado o resíduo de construção e demolição em sua composição, este tem suas propriedades naturais alteradas negativamente, reduzindo sua resistência para receber carregamentos de possíveis edificações.

A utilização do RCD na composição de argamassas e concreto seria uma forma sustentável e eficaz de resolver a disposição final do entulho composto de resto de reboco, concreto e blocos cerâmicos entre outros, sendo que os mesmos não teriam a necessidade de deixarem o canteiro de obras, proporcionando lucro e reduzindo preocupações para geradores de RCD.

Diante das tentativas para acabar com o entulho, o estudo em questão visou à substituição parcial do agregado natural por agregado reciclado no uso de argamassas para aplicação em reboco, utilizando de traços com teores RCD processado de 20, 40 e 80%, para que fosse possível à realização dos ensaios de aderência da argamassa com o substrato, e tendo em vista que no trabalho de Assunção L.T. (2007), foram obtidos resultados satisfatórios usando traços com teores 30 e 50% de agregado reciclado.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é verificar a possibilidade de utilizar os resíduos de classe A (argamassas e concreto/ pré-moldados) provenientes da construção civil, na composição de argamassa para reboco, analisando à aderência ao substrato, por meio do Ensaio de Revestimento de Paredes e Tetos de Argamassa Inorgânica – Determinação da Resistência de Aderência à Tração – NBR 13 528:2010.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Processar os resíduos de construção e demolição (RCD) caracterizando as propriedades do agregado, realizando os ensaios de massa específica, massa unitária, granulometria e material pulverulento;
- Produzir uma argamassa com diferentes teores de RCD, para reboco,
- Analisar a consistência durante o estado plástico da argamassa, e no estado endurecido realizar o ensaio de absorção e aderência à tração.
- Analisar tecnicamente e financeiramente a substituição parcial do agregado miúdo por resíduos de construção civil.

1.2 JUSTIFICATIVA

O tema abordado visou uma possível solução que contribuiria com meio ambiente, utilizando os resíduos que vem sendo descartados de forma inadequada na natureza, em terrenos baldios e aterro de inertes. O destino final dos resíduos de construção e demolição (RCD) é um problema antigo na sociedade, e que apesar de inúmeros estudos em busca dos devidos fins, não se tem uma maneira fixa que acabe com esse obstáculo. Existem empresas que são responsáveis pela triagem e reciclagem desse material, porem ainda é um mercado pouco explorado, restando assim encaminhar o entulho para aterros de inertes.

A utilização do resíduo de construção e demolição na composição de argamassa para reboco partiu do problema sofrido por muitos engenheiros, pois obras em execução e reformas geram um enorme acumulo de entulho, e segundo a lei federal N° 12305/2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos e a resolução CONOMA 307/2002 os geradores dos resíduos devem ser responsáveis pelo devido fim do mesmo. E na tentativa de resolver tal problema, foi desenvolvido esse estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO DE CONSTRUÇÃO CIVIL (RCD)

Resíduo é o nome dado aos produtos ou materiais que já foram utilizados e não dispõem da mesma serventia de origem. Na construção civil o resíduo, ou popular entulho é proveniente de construção, demolição, reformas, reparos entre outros. Os resíduos mais comuns são restos de tijolos, blocos, telhas, cerâmicas, argamassa, cimento, concreto, gesso, além de inúmeras embalagens de diversos produtos. O crescimento desordenado desse lixo inerte vem sendo um problema para a sociedade, e para a degradação do meio ambiente (CONAMA 307, 2002).

Os resíduos da construção civil são classificados da seguinte forma:

- Classe A: são os que permitem reutilização ou reciclagem, para retorno ao canteiro de obras; componentes cerâmicos, tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, argamassa, concreto, resto de pré-moldados, tubos, restos de meio fio.
- Classe B: são os resíduos recicláveis para outras destinações; plástico, papelão, papel, metal, vidro, madeira, embalagens vazias de tintas e gesso.
- Classe C: são os resíduos que não possuem ainda nem tipo de aproveitamento e não permitem a sua reciclagem ou recuperação.
- Classe D: são resíduos perigosos, tais como: solvente, tintas, óleos, material radioativo, contaminados ou prejudiciais a saúde, provenientes de reparos, demolições e reformas em hospitais, clínicas radiológicas, telha de amianto, entre outros (CONAMA 307, 2002).

Pimentel (2013) ressalta a criação de um programa de gerenciamento dos resíduos da construção civil, cuja finalidade é orientar a redução dos entulhos depositados nas áreas urbanas, ressaltando assim a importância de se utilizar os materiais alternativos e reciclados. Através do projeto de gestão para esses resíduos ocorre a diminuição no consumo de recursos naturais e consequentemente se reduz o consumo de energia e combustível, ponto esse que contribui para o desenvolvimento sustentável.

Entretanto, os resíduos continuam sendo tratados em muitos casos com descaso, sem considerar os problemas ambientais provocados por eles, tal ação pode ser observada no dia a dia nas ruas, calçadas, entre outros, através da deposição inadequada dos mesmos (figura 1). Nos dias de hoje os resíduos da construção civil constituem uma grande parcela do volume de resíduos sólidos urbanos, dessa forma adotou-se no Brasil assim como em outros países a reciclagem do mesmo através do seu emprego direto nas obras, com destaque na fabricação de concretos e argamassas (PIMENTEL, 2013).

Figura 1: Presença de RCD nas áreas urbanas.



Fonte: <https://engenhafrank.blogspot.com.br/>, 2017.

De acordo com Angulo (2005) o aproveitamento dos agregados de RCD reciclados é considerado viável, até na fração miúda, todavia, as normas pertinentes ao uso desses agregados não são aplicadas de forma facilitada nas usinas de reciclagem, devido a heterogeneidade do composto de RCD assim como da variabilidade das propriedades do mesmo, da falta de controle no processamento e quantificação das fases do material.

As normas relacionadas a esse material exigem que a fração mineral do resíduo seja classificada como sendo resíduo de concreto, alvenaria ou mistos, e que os teores das fases constituintes da fração graúda sejam controlados. Mas essa classificação acaba resultando ainda em materiais com composições e propriedades físicas variáveis, para isso, tem-se que a separação por densidade é uma medida mais viável já que relaciona diretamente as propriedades físicas, a porosidade, resistência mecânica e durabilidade (ANGULO, 2005).

Para Miranda (2000) existe uma grande importância em desenvolver técnicas construtivas que por ventura venha diminuir no volume de entulho gerado principalmente em obras novas, entretanto só isso não seria necessário, daí surge a necessidade de se combater os entulhos através da educação para a reciclagem.

Canedo, Brandão e Filho (2011) afirmam que a reciclagem dos RCD além de garantir a preservação ambiental, já que contribui na preservação da matéria prima, ajuda também na reutilização de uma parte considerável dos entulhos, que por vezes diminui a necessidade de novos aterros, despreocupando um pouco menos a administração pública em relação ao crescimento da construção civil.

2.2 IMPACTO AMBIENTAL

Segundo Resolução CONAMA N° 001(1996) “considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas”.

Anualmente a construção civil utiliza toneladas de cimentos para inúmeras aplicações, porém o seu processo de fabricação gera grandes teores de poluentes ambientais, o resultado desse problema inicial, é uma constante busca por novos meios sustentáveis e alternativos para produzir materiais que necessitem cada vez menos do cimento, já que o mesmo impacta o meio ambiente desde o início de sua fabricação até o descarte final de resíduos gerado de alguma aplicação do mesmo. Visto que durante o processo de fabricação do cimento o meio ambiente sofre com os poluentes liberados no ar, e na destinação final o impacto é no solo, pois uma vez que depositado e homogeneizado com a terra, aquele local não se tem mais a mesma resistência para suporta edificações (BONATO, 2014).

Com intuito de reduzir os impactos ambientais, causados pelo crescimento desordenado de resíduos gerados pela construção civil, foram criadas resoluções e diretrizes federais, que estabelecem regras para os geradores do popular entulho, proveniente de construção civil, decretando que os geradores devem ser responsáveis por dar o devido fim ao resíduo, visto que antes o acúmulo de resíduo de construção civil era constante em terrenos vazios na área urbana e os aterros de inertes eram sobre carregados com esse tipo de material sem decomposição (RESOLUÇÃO CONAMA 307, 2002).

2.2.1 Sustentabilidade

Termo utilizado para ações humanas que visem realizar necessidades atuais da humanidade, sem causar qualquer dano as gerações futuras, em relação ao desenvolvimento econômico e material sem impactar o meio ambiente, utilizando os recursos naturais, tomando as devidas precauções, para que os mesmos não se acabem (JUNIOR, 2013).

O uso de resíduos recicláveis vem se tornando uma estratégia para aprimorar a sustentabilidade em vários setores produtivos, visando conservar os recursos naturais do planeta, e buscando dar um fim adequado para o que vem aumentando exageradamente todos dias em lixões, aterros sanitários e de inertes, ameaçando as condições de vidas futuras (EVAGELISTA, 2010).

Diante disso, Brasileiro (2013) afirma que embora a sustentabilidade na construção civil apresente uma dificuldade no seu alcance total, o primeiro passo já foi dado, através da implantação de leis e resoluções que evidenciam a preocupação quanto a geração de resíduos.

2.3 ARGAMASSA DE CIMENTO

Argamassa é o nome dado às misturas de aglomerantes com agregado miúdo e água, podendo ser esse aglomerante de cal ou cimento, ou uma mistura dos dois, possuindo capacidade de endurecimento, aderência e estanqueidade. A argamassa pode ser do tipo dosado em obra ou industrializado, contendo ou não aditivo e adições de materiais, de acordo com a necessidade de melhorar alguma de suas propriedades (NBR 13281, 2005)

Segundo Petrucci (1998, p.351), as argamassas são:

Materiais de construção constituídos por uma mistura íntima de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo e água. Além desses componentes essenciais, presentes nas argamassas, podem ainda ser adicionados produtos especiais, com finalidade de melhorar ou conferir determinadas propriedades ao conjunto.

As argamassas são empregadas na construção civil em diversos serviços: como assentamento de pedras, tijolos, blocos cerâmicos ou de concreto, onde fazem a junção dos materiais, que favorecem a distribuição dos esforços; são utilizadas também em assentamento de revestimento para pisos (cerâmicos ou

porcelanato) geralmente essas para revestimento de piso são industrializadas; são aplicadas nos trabalhos de acabamentos como emboço e reboco; nos acabamentos de teto e piso; nos reparos de obras de concreto (PETRUCCCI, 1998).

2.3.1 Insumos

Cada um dos elementos que são constituintes de uma mistura, que gerará um determinado produto, é chamado de insumo (NBR 10451, 2013). No caso das argamassas os insumos que a constituem são: cimento, agregado, água e cal, podendo ter aditivos ou não.

2.3.1.1 Cimento

O Cimento Portland é um pó fino com características aglutinantes, capaz de endurecer sob ação da água, se tratando assim de um aglomerante hidráulico, que depois de endurecido, mesmo sob ação da água, não se decompõem mais, além de ser responsável por fazer a junção dos demais insumos que compõem argamassas e concretos (BAUER, 2014)

A nomenclatura de cada tipo de cimento é dada segundo a sua classificação; CP corresponde às palavras iniciais de Cimento Portland, e são seguidas de algarismos romanos de I à V. A classe do cimento é expressa por números que indicam sua resistência a compressão, medida em Mega Pascal (MPa) (AMBROZEWICZ, 2012).

2.3.1.2 Agregado Miúdo

Agregado é um material formado de partícula, praticamente inerte, com pouca atividade química, geralmente utilizado em argamassas e concretos, sua função é dar volume e resistência a mistura em que está inserido, possui uma extensa granulometria, podendo ser classificada como areia grossa, quando possui diâmetros com variação de 2,4 à 4,8mm, areia média com grãos de 0,6 à 2,4, e areia fina com tamanhos de 0,15 à 0,6mm, podendo ser encontrado em depósito sedimentares que se formam nos leitos de rios, sua classificação se dá por origem, dimensão e peso específico (BAUER, 2014).

Areia fina, geralmente mais usada em argamassas para acabamentos de reboco, tem característica de absorção rápida, durante o processo de fabricação da argamassa, podendo causar saturação durante o processo de homogeneização, sem a percepção do indivíduo que realiza o preparo, pois conforme a adição da água, à areia não apresenta sinais de umidade a olho nu, fazendo com que o operador da mistura adicione cada vez mais água, até que perceba a quantidade excessiva de água. Outra característica da areia fina que é perceptível é a dificuldade de secagem em ambiente natural, quando estocada em grandes volumes (AMBROZEWICZ, 2012).

2.3.1.3 Cal

A cal é a denominação do aglomerante que resulta da calcinação de rochas calcárias, é um material utilizado em construção, geralmente de preço mais elevado, pois se trata de um produto puro em relação aos outros aglutinantes. A adição de cal no traço que compõem as argamassas tem a função de ajudar na trabalhabilidade e no tempo de pega durante a aplicação no substrato, sendo ideal para lugares de altas temperaturas, já que seu período de secagem é lento (BAUER, 2014)

O produto resultante da calcinação chama – se cal viva e apresenta – se, sob a forma de grãos de vários tamanhos, de dimensões variadas entre 10 á 20 cm. A cal vivia não é ainda o aglomerante utilizado em construção, pois a mesma precisa passar por um processo de hidratação que recebe o nome de extinção, dar – se esse nome quando a cal é hidratada no canteiro de obras, quando passa pelo processo de hidratação na fabrica é chamada de cal hidratada (PETRUCCI, 1998).

Segundo Bauer (2014, p.20-21), os dois processos de classificação da cal utilizada em argamassas de cimento, se dá da seguinte forma:

Cal extinta: ocorre na própria obra, por meio de um processo primitivo. É usual o emprego de um tanque de madeira, de planta trapezoidal e fundo inclinado, onde se procede á reação de hidratação, após o qual o produto passa por peneiras na parede lateral inferior: daí – se destina ao tanque de depósito. A cal extinta é envelhecida num dos tanques, enquanto o outro recebe a produção seguinte.

Cal hidratada: é um produto manufaturado que sofreu em usina o processo de hidratação. É apresentada como produto seco, em forma de flocos de cor branca, [...] a hidratação é feita em usina, por processo mecânico realizado em três estágios: a cal viva é moída ou pulverizada; o material moído é completamente misturado com a quantidade exata de água necessária; a cal assim hidratada é separada da não hidratada e das impurezas por peneiramento, por ar ou por outro processo.

2.3.1.4 Água de Amassamento

Água utilizada na composição tanto de argamassas, concreto ou qualquer outro material de construção, deve ser potável, da mesma qualidade que é usada para consumo humano, pois a presença de micro-organismos e finos indesejados podem causar reações negativas no desempenho dos materiais (NBR NM 137, 1997).

A participação da água nas argamassas é de suma importância, pois é ela que faz com que os aglomerantes reajam, desempenhando a sua função de ligante dos demais insumos. A água também influencia diretamente na trabalhabilidade de argamassas e concretos, podendo deixar as misturas com a consistência correta para atender as necessidades dos serviços desejados (AMBROZEWICZ, 2012).

A água tem que ser adicionada na proporção correta nas misturas, de acordo com a forma prevista para aplicação, pois em grandes ou pequenas quantidades pode atrapalhar o desempenho de argamassas, concretos e outros ligantes, alterando suas características e propriedades de forma negativa (BAUER, 2014).

2.3.1.5 Aditivos

São produtos que quando em contato com argamassas e concretos reagem por ação física ou química, melhorando as propriedades dos mesmos, podendo modificar a trabalhabilidade, plasticidade, durabilidade, tempo de secagem entre outras características, podem ser líquidos ou sólidos, alguns aglutinantes já possuem aditivos em sua composição de fábrica (CARDÃO, 1983).

Os aditivos mais utilizados em argamassas são: plastificantes que são responsáveis por melhorar a trabalhabilidade da argamassa; impermeabilizantes que exercem a função de reduzir a permeabilidade; adesivos que garantem a aderência com o substrato; incorporadores de ar que aumentam a retenção da água além de garantir melhor plasticidade; retardadores de pega são os que atrasam o tempo de pega do cimento; retentores de água que reduzem absorção causada pelo substrato, além da exsudação e evaporação de água na argamassa fresca; hidrofugantes diminuem a absorção de água na argamassa (SILVA, 1991, apud SANTOS, 2008).

2.4 TRAÇO

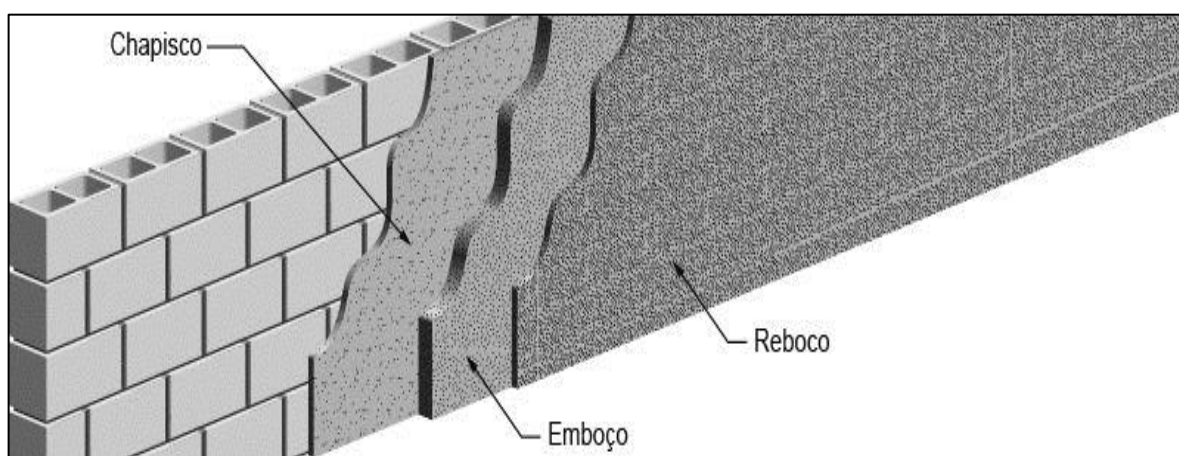
É uma recomendação da ordem e quantidade das proporções de insumos a serem seguida para obter – se argamassas e concretos, é a uma indicação que segue a mesma linha de raciocínio de receitas de bolos e outros produtos. Essas proporções geralmente são apresentadas em volume e tem como referencia o aglomerante. A utilização do traço em peso é o mais correto, para garantir a quantidade de consumo e a qualidade das argamassas (AMBROZEWICZ, 2012).

O traço quando especificado tanto para o concreto quanto para a argamassa, significa que já foi calculado, indicando as proporções corretas para que a mistura resulte no produto desejado, com propriedades e características que garantem a qualidade exigida em projeto e na obra. Porém no dia-a-dia não é o que realmente acontece dentro do canteiro de obras (AMBROZEWICZ, 2012).

2.5 ESTRUTURA DO REVESTIMENTO

Os revestimentos de argamassas são aplicados geralmente sobre estruturas de concreto ou alvenarias. São compostos por diversas camadas com características e funções específicas, todas tendo como objetivo principal proteger a base ou substrato contra ação da água e outros agentes deteriorantes, como pode ser observado na figura 2, (NBR 7200, 1998).

Figura 2: Estrutura de revestimentos em bases de concreto e alvenaria



Fonte: PINI (2013).

De acordo com Canedo, Brandão e Filho (2011) a argamassa de revestimento é usada para preparo da base cujo intuito é receber os acabamentos finais, como revestimento cerâmico e pintura, sendo por muitas vezes o próprio acabamento final. As suas várias camadas, por vezes acabam tendo funções e características específicas.

2.5.1 Substrato

É o nome dado a alvenarias ou estruturas de concreto, que servem de base para aplicação de revestimentos. Os substratos podem ser constituídos de tijolos cerâmicos lisos ou rugosos, pedras naturais, blocos cerâmico e concreto. O tratamento superficial do substrato é de suma importância, pois influencia diretamente na aderência da camada que irá revesti-lo (SANTOS, 2008).

Os substratos antes de qualquer aplicação de revestimento devem ser previamente limpos, pois geralmente costumam acumular finos, poeiras e fungos, decorrentes de suas superfícies rugosas e ásperas, podendo impactar negativamente na aderência do revestimento. Alguns substratos costumam ter o teor de absorção muito elevado, devendo obrigatoriamente receber algum tipo de tratamento, com impermeabilizantes e chapisco, antes de receber qualquer revestimento de acabamento (NBR 7200, 1998).

2.5.2 Chapisco

Geralmente é a primeira camada dos revestimentos, é responsável por fazer a ligação entre o substrato e a próxima camada do revestimento, sendo constituído por um traço bem forte, com cimento e areia grossa em sua composição. Depois de endurecido o chapisco apresenta-se em uma camada muito áspera e rugosa, garantindo uma ótima aderência entre a próxima camada de revestimento e o próprio chapisco. As formas mais comuns de aplicação do chapisco são: por meio de lançamento de colher de pedreiro; com equipamento mecânico, que executa o lançamento em forma de jato, e o chapisco rolado, executado com rolo de pintura (SILVA, 2015).

A consistência de uma argamassa de chapisco deve ser bem fluida, para que facilite a penetração da pasta de cimento ao substrato durante a aplicação na base a

ser revestida, reforçando a aderência na interface revestimento – base; deve-se ter cuidado para que o chapisco não cubra totalmente o substrato, pois assim a próxima camada de revestimento é capaz de aderir tanto no chapisco quanto na base. Em regiões quentes e de clima seco, deve-se manter o chapisco úmido por um período de tempo de 12 horas após sua aplicação (NBR 7200, 1998).

2.5.3 Emboço

É a camada de revestimento responsável por regularizar a base, sendo aplicada no chapisco e garantindo uma superfície mais uniforme para receber a próxima camada; sendo constituída do mesmo material do reboco. O emboço apresenta espessura média de 15 à 25 mm, ajudando a dar proteção a alvenaria ou concreto contra intemperismo e proporcionando a vedação contra águas das chuvas, o emboço tem que ocasionar a propriedade de boa aderência, permeabilidade e baixa retração. As camadas mais comuns que vestem o emboço são: o reboco, revestimento cerâmico ou porcelanato, e pintura com textura (OLIVEIRA, 2015).

Em obra o emboço é muitas vezes confundido com o reboco, pois dependendo do tipo de revestimento que vier na próxima camada, o emboço já recebe o mesmo tratamento superficial que o reboco em fase de acabamento, sendo então denominado de camada única. A função principal que cabe ao emboço é a proteção da alvenaria contra ações externas (SILVA, 2015).

2.5.4 Reboco

É uma camada fina de argamassa, podendo ser de gesso ou cimento, geralmente é o acabamento final; tem a função de regularizar imperfeições que tenham ficado no emboço, recebendo um tratamento especial, pois as camadas que costumam suceder o reboco são as pinturas, por isso não devem apresentar fissuras ou qualquer outro tipo de patologia (OLIVEIRA, 2015).

O reboco geralmente é a camada mais fina do revestimento, perdendo somente para a tinta, suas camadas variam de 5mm á 30mm, sendo que as espessuras menores são aplicadas no interior das edificações pois ficam menos propicias a umidade e outros fatores que venha a prejudicar o revestimento e a

base, já nas paredes exteriores as camadas do reboco variam de 20 à 30mm, pois ficam expostas diretamente á ações do vento e chuva, além de fungos e outros intemperes, devendo ser a camada capaz de proteger o substrato(NBR 13749, 1996).

O tratamento superficial do reboco consiste num alisamento da camada, sendo realizado pelo processo de desempeno, utilizando uma ferramenta denominada de desempenadeira de madeira, no caso do reboco ser de cimento, e por fim o reboco é camurçado, constituindo num alisamento com a passagem de uma espuma ou esponja (NBR 7200, 1998).

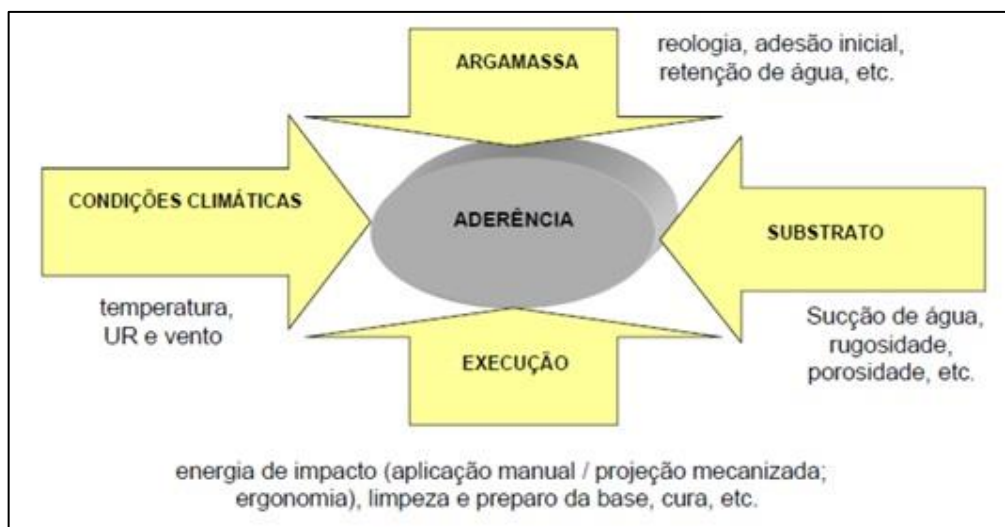
2.6 ADERÊNCIA

É uma característica física que à argamassa e outros materiais ligantes apresentam, em grudar nas superfícies, através da penetração nos poros e saliências de bases e substratos, durante o seu estado fresco (BARBOSA, 2008).

Para garantir uma boa aderência da argamassa, é necessário alguns cuidados antes da aplicação ao substrato, como a limpeza no mesmo, pois a presença de materiais finos na superfície podem impactar de forma negativa na ancoragem da argamassa à base, outro fator que pode causar falha no processo de aderência é a absorção ligeira da água pelo substrato, deixando à argamassa fraca e sem consistência (NBR 7200, 1998).

Aderência é uma propriedade que garante ao revestimento a capacidade de resistir às tensões normais e tangenciais que podem ser atuadas por agentes degradantes, na superfície das camadas de revestimentos, observar figura 3, na próxima página, (CARASEK, 2007).

Figura 3: Fatores de Influência na aderência das argamassas.



Fonte: CARASEK (2007)

A argamassa depois de endurecida ao substrato é considerado um fenômeno mecânico que ocorre devido a penetração da pasta aglomerante (argamassa) nos poros e/ou entre as rugosidades da base. Quando em estado plástico, ao entrar em contato com o substrato, uma boa parcela da água de amassamento é absorvida, dessa forma ocorre dentro do interior dos poros a precipitação dos frutos de hidratação do cimento e da cal, processo que depois de um tempo age com intuito de ancorar a argamassa à base. (CARASEK, 2007).

Canedo, Brandão e Filho (2011) afirma que a aderência pode ser tida como um parâmetro bastante variável, já que pode ser influenciada tanto pelos materiais constituintes (cimento, água, agregados, aditivos e etc), pelo tipo de substrato, pelo processo de execução, condições climáticas e ergonômicas do aplicador entre outros aspectos.

A NBR 13749 (ABNT, 1996) estabelece valor mínimo de resistência a tração de revestimentos externos quanto a resistência a tração, sendo este valor de 0,30 Mpa com idade superior a 28 dias. Valores menores que o estabelecido em norma pode resultar em manifestações patológicas, tais como, fissuras e deslocamentos.

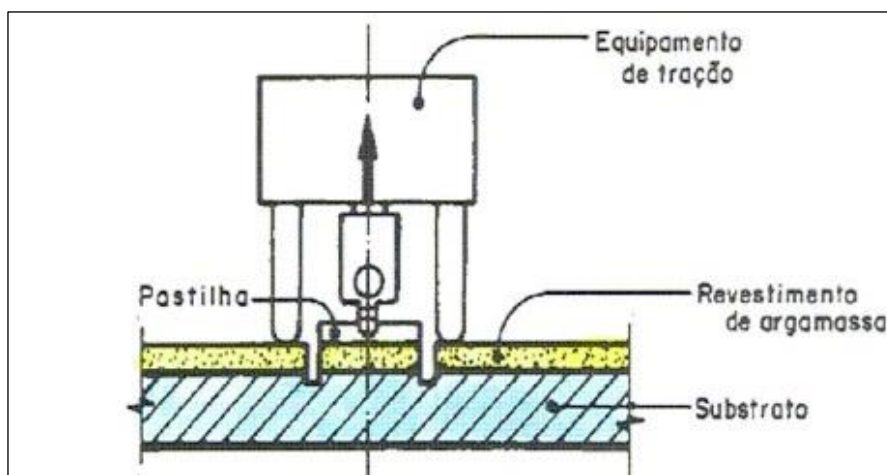
2.6.1 Avaliação da aderência à tração

A avaliação da propriedade de aderência é feita com base no ensaio designado na NBR 13528 (ABNT, 2010), este determina a maior tensão que um

corpo de prova de revestimento suporta ao ser submetido a um esforço normal de tração (CANEDO, BRANDÃO e FILHO, 2011).

De acordo com a norma os corpos de provas devem ser preparados *in situ*, em componentes de alvenaria, sobre placas de concreto e etc, devendo-se definir com antecedência a área de revestimento necessária para atender ao número mínimo de corpos de prova. Em seguida a norma estabelece que o corte para aplicação da pastilha de ensaio deve ser feito até a superfície do substrato, através da serra de copo e por fim as pastilhas devem ser coladas, conforme figura 4.

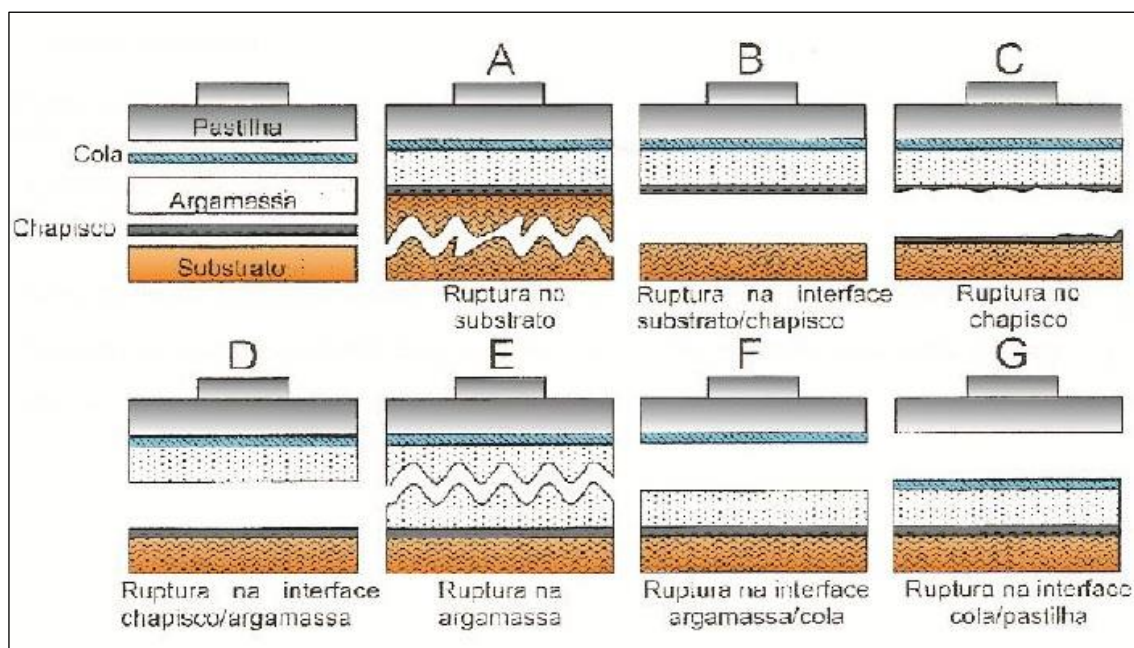
Figura 4: Esquema do ensaio de resistência à tração



Fonte: Santos, 2008.

Os resultados, segundo Canedo, Brandão e Filho (2011) serão determinados através da divisão da carga de ruptura pela área da seção da amostra. Estes resultados acabam dependendo da forma que ocorreu a ruptura no corpo de prova (figura 5), já que a tensão encontrada é equivalente à resistência a tração da parte de ruptura.

Figura 5: Formas de ruptura do ensaio de resistência à tração.



Fonte: Canedo, Brandão e Filho, 2011.

Após a execução do ensaio, Costa (2009) chegou a algumas conclusões sobre a variação de resultados para o ensaio em questão, sendo eles:

- A geometria, a dimensão do corpo de prova, a espessura da pasta de cola e a forma que a carga é aplicada, influênciam nos valores de resistência de aderência à tração;
- Os corpos de prova circulares fornecem valores de aderência melhores do que um corpo de prova quadrado;
- A cola empregada não interfere de maneira significativa nos resultados;
- As cargas quando aplicadas sem excentricidade apresentam maiores valores, quando aplicadas com cargas excêntricas.

3. METODOLOGIA

É um tipo de pesquisa exploratório, trata-se de um estudo de caso de carácter qualitativo, pois realizou – se a coleta do RCD para estudos técnicos do seu desempenho na fabricação de argamassas para reboco e ensaios de aderência. Sendo também de carácter quantitativo, já que necessitou de uma quantidade de amostras para ensaios.

3.1 APRESENTAÇÕES DO OBJETO DE ESTUDO

3.1.1 Localização:

O resíduo de construção e demolição (RCD) estudado, foi proveniente da mistura dos restos de blocos de concreto estrutural e reboco de cimento, sendo resíduos de classe A, obtidos na obra Conjunto Habitacional 02, localizado na quadra 1306 sul, Alameda 03 A, HM 1, Palmas - TO, como pode ser observado na figura 6. A obra foi construída usando o processo de alvenaria estrutural, composta por pavimento inferior e superior, contendo 120 apartamentos, divididos em 5 pavilhões, sendo que cada pavilhão possui 24 unidades, possuindo 3895,46m² de área construída, construtora responsável pela obra foi a CREMA ENGENHARIA E PROJETOS LTDA (Autorização para coleta do material segue no apêndice A).

Figura 6: Localização da Obra Conjunto Habitacional 02.



Fonte: Google Earth.

3.1.2 Coleta, Transporte e Armazenamento do resíduo:

O resíduo passou por um processo de triagem (seleção) na obra, onde foram coletados somente os restos de blocos estruturais de concreto e entulho proveniente de reboco de cimento. O transporte do objeto de estudo, foi realizado em pequenas quantidades em veículo particular de passeio, sendo transportado do canteiro de obras para o Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA), onde esteve armazenado em sacos de linha de fibra, no laboratório de Materiais e Estruturas, até que ocorresse o seu processamento (britagem).

O RCD foi triturado nas dependências do CEULP/ULBRA, quadra 1501 Sul, Avenida Joaquim Teotônio Segurado, Palmas - TO, nos laboratórios de Maquete de Lavra de Mina á Céu Aberto, e no de Materiais e Estruturas. No mesmo local procedeu todo o restante da pesquisa, ensaios, construção do protótipo e obtenção dos resultados.

3.1.3 Processamento dos Resíduos de construção e demolição (RDC):

O processo de fragmentação do resíduo foi executado no Laboratório de Maquete de Mina e lavra á Céu aberto do CEULP; inicialmente procedeu a redução da dimensão do RCD de forma manual, em cima de uma pequena plataforma metálica, observar figura 7, foi usado marreta, até que o resíduo atingisse um tamanho que fosse suficiente para ser processado pelo britador de mandíbula de eixo excêntrico, modelo BM2 9060 mm WEG, observar figura 8, que ficou responsável por fazer a trituração do resíduo até que o mesmo ficasse com dimensões menores, para realizar a fragmentação final.

Figura 7: Plataforma Metálica e martelo para fragmentação de resíduos.



Fonte: Autor,2017

Figura 8: Britador de mandíbula – BM2 9060mm WEG.



Fonte: Autor

A fragmentação final decorreu no Moinho cilíndrico de Bolas, tipo Jarro, com dimensões de diâmetro 40cm e altura 100cm, com capacidade de 40kg, contendo esferas de aço em seu interior para que fosse possível fragmentar o entulho, conforme pode observar na figura 9 e 10, o material proveniente da moagem atingiu tamanhos que passaram pela peneira 2,4mm e ficaram retidos na 0,15mm; para finalizar o processamento do RCD, foi realizado o peneiramento do material resultante das etapas anteriores, para retirar a presença dos finos. O processo foi executado no laboratório de Materiais e Estruturas do CEULP, como foi mencionado no item 3.1.2.

Figura 9: Moinho de Bolas tipo Jarro.



Fonte: Autor

Figura 10: Moinhos de Bolas e Esferas Metálicas.



Fonte: Autor

3.1.4 Caracterização das propriedades do agregado

3.1.4.1 Determinação da massa Unitária do agregado miúdo:

O ensaio ideal para determinar a massa unitária do agregado miúdo natural e agregado miúdo reciclável, seria seguindo a norma atual NBR NM 45:2006, porém o ensaio executado foi o seguindo a norma antiga NBR 7251:1982, pois o recipiente exigido pela norma atual não estava disponível no laboratório de Materiais e Estruturas do CEULP/ULBRA.

3.1.4.2. Determinação da massa Específica do agregado miúdo:

A massa específica do agregado miúdo natural e agregado miúdo reciclável, foi determinada pelos ensaios da norma NBR NM 52:2009 – Determinação da massa específica e massa específica aparente, utilizando frasco Chapman;

3.1.4.3 Determinação granulométrica do agregado miúdo:

Foi determinada a composição granulométrica do agregado miúdo natural e agregado miúdo reciclável, através dos ensaios preconizados pela norma NBR NM 248:2003 – Agregados – Determinação da Composição Granulométrica;

3.1.4.4 Determinação do Material Pulverulento:

Foi determinado a pulverulência do agregado miúdo natural e agregado miúdo reciclável, através dos ensaios seguindo a norma NBR NM 46: 2003 – Determinação do Material Fino que Passa Através da Peneira 75 μm , por Lavagem.

3.1.5 Produção da argamassa:

Inicialmente foi produzida uma argamassa com agregado miúdo, sendo areia lavada, proveniente do leito do rio Tocantins, para comparação com os demais traços de agregado reciclável. Próximo passo foi construir três traços de argamassas de material reciclável peneirado, com teores de 20%, 40% e 80% de RCD em sua composição, para que fosse possível prosseguir com o estudo de aderência da argamassa no substrato, onde foi verificado se a mesma atenderia as exigências mínimas de resistência à tração preconizada pela NBR 13 749:1996 (Revestimento de Paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas). O traço usado como referencia no estudo, foi utilizado o mesmo traço do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índice da Construção Civil), código 73548 argamassa de traço 1:3 (Cimento e Areia média) com adição de impermeabilizante para argamassas, observar figura 11, pois esse traço é utilizado em obras financiadas pela Caixa Econômica Federal no Brasil todo.

Figura 11: Composição Analítica do traço referencia para reboco, pago pela Caixa Econômica.

SEDI	73548	ARGAMASSA TRACO 1:3 (CIMENTO E AREIA), PREPARO MANUAL, INCLUSO ADITIVO IMPERMEABILIZANTE	M3	
INSUMO	123	ADITIVO IMPERMEABILIZANTE DE PEGA NORMAL PARA ARGAMASSAS E CONCRETOS SEM ARMACAO	L	18,0000000
COMPOSICAO	88629	ARGAMASSA TRAÇO 1:3 (CIMENTO E AREIA MÉDIA), PREPARO MANUAL. AF_08/2014	M3	1,0000000

Fonte: SINAPI – Composição Analítica – Código 73548.

O traço foi dosado em volume, utilizado recipiente paralelepípedo de 15360 cm³ (15 dm³) para medir o cimento, agregado miúdo e RCD moído, observar figura 12.

Figura 12 – Recipiente paralelepípedo.



Fonte: Autor, 2017

O cimento usado na pesquisa foi o CP II F 32, pois é mais usado na região do Tocantins. A produção da argamassa decorreu usando betoneira de 120 litros, onde foi seguido o procedimento convencional usado em obra, que procedeu na mistura dos insumos areia e cimento e por ultimo adicionando aos poucos a água e aditivos, até que argamassa atingisse a consistência desejada, sendo que esse processo de mistura ocorreu no período de tempo de 3 à 5 minutos, como foi preconizado pela NBR 7200:1998.

3.1.6 Ensaio de Consistência

Para analisar a plasticidade das argamassas foi necessário realizar o ensaio de consistência, utilizou-se o misturador mecânico de pequeno porte na produção dos traços em estudo, observar figura 14. O ensaio decorreu nas dependências do CEULP/ ULBRA, como já foi dito no item 3.1.2; e foi executado segundo a norma pertinente NBR 13 276:2016 – argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto – Determinação do Índice de consistência, onde foi usado mesa de flow table, observar figura 13.

Figura 13: Aparelhagem do ensaio do índice de consistência – Mesa e Tronco de cone.



Fonte: Autor.

Figura 14: Aparelhagem do ensaio do índice de consistência – Misturador Mecânico..

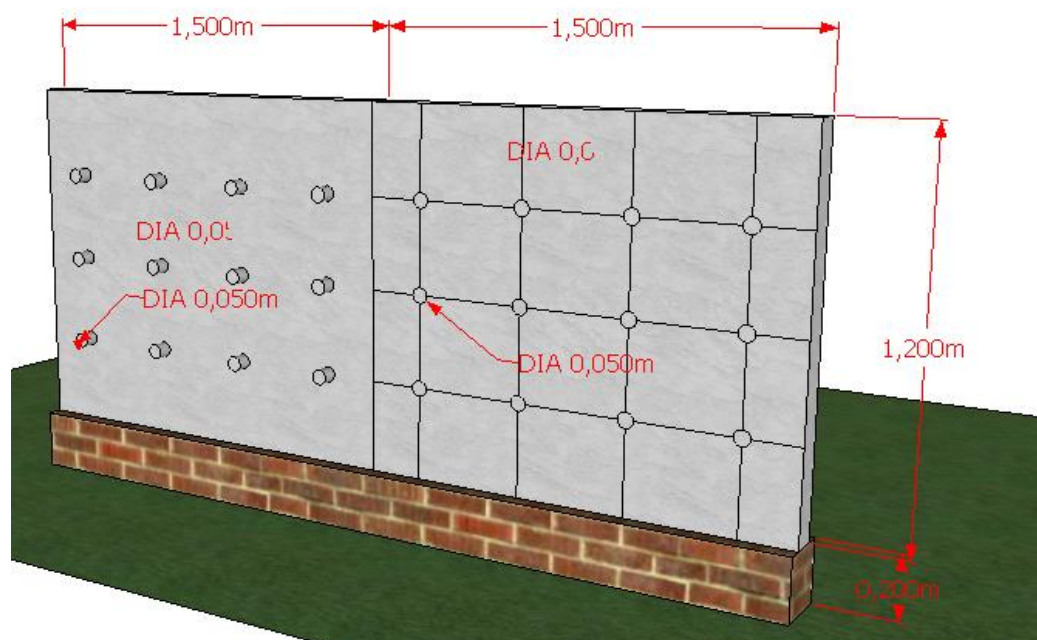


Fonte: Autor.

3.1.7 Criação do protótipo para aplicação do reboco com argamassa de diferentes teores de agregado reciclável:

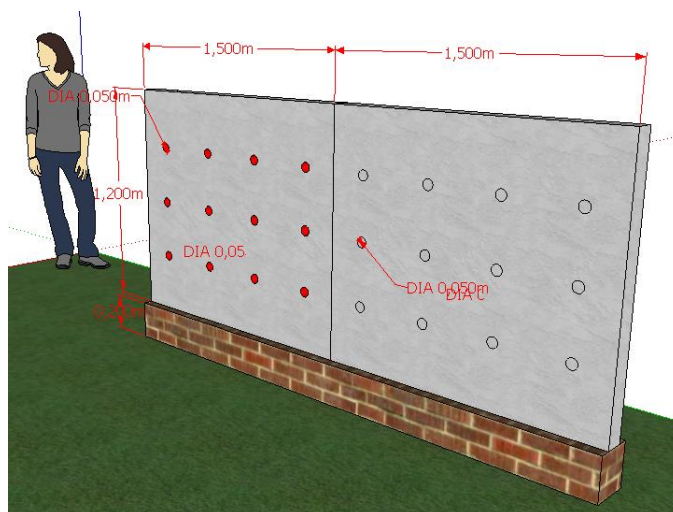
Foi criada uma parede de alvenaria, sem função estrutural, de dimensões 300 X 120 centímetros (cm), acima de um alicerce de 20 cm de altura; estas dimensões foram previamente calculadas para que se fossem retirados mais de 48 corpos de provas, prevenindo contra possíveis falhas durante a execução do ensaio, para o estudo de aderência do reboco ao substrato, sendo 12 amostras para cada argamassa, como especificadas na NBR 13 528:2010, com diferentes teores de agregado reciclável em sua composição. A parede foi rebocada com 4 divisões em toda sua área, uma das áreas foi rebocada com argamassa com 0% de agregado reciclável, e as outras três áreas, com teores de 20, 40 e 80% de agregado reciclado peneirado, a porcentagem e dosagem do traço foi executada em volumes, como já mencionado no item 3.1.5, observar figura 15 e 16. Tanto o alicerce quanto a parede foram utilizados tijolos cerâmicos de 9X19X29 centímetros. O protótipo foi executado nas dependências do CEULP/ULBRA, e ficou localizado atrás do laboratório de Materiais e Estruturas.

Figura 15: Protótipo do Projeto – Vista Frontal



Fonte: Autor, Software Sketchup.

Figura 16: Protótipo do Projeto – Vista Lateral



Fonte: Autor, software Sketchup.

3.1.7.1 Chapisco do protótipo:

Após a execução de 7 dias do substrato, sendo esse período mínimo necessário para garantir a cura e resistência do protótipo, procedeu à aplicação do chapisco de traço convencional 1:3 (cimento e areia grossa), segundo SINAPI, código 87352, observar figura 17. Para preparo do chapisco foi utilizado o procedimento de obra, que consistiu na mistura dos insumos areia e cimento e por ultimo adicionado aos poucos a água, até que o chapisco atingisse a consistência desejada, foi utilizada betoneira de 120 litros. Antes da aplicação do chapisco foi verificado se a parede encontrava – se limpa, sem fungo ou poeira e finos, para que os mesmo não influenciassem negativamente na aderência ao substrato, de acordo a NBR 7200:1998. A aplicação do chapisco ocorreu pelo processo manual, que consistiu no lançamento do material utilizando colher de pedreiro, uma vez que chapisco desliza pela colher enquanto é lançado contra a parede, por um movimento das mãos do profissional.

Figura 17: Composição Analítica do traço referencia para chapisco.

SEDI	87352	ARGAMASSA TRAÇO 1:3 (CIMENTO E AREIA GROSSA) PARA CHAPISCO CONVENCIONAL, PREPARO MECÂNICO COM MISTURADOR DE EIXO HORIZONTAL DE 160 KG. AF_06/2014	M3	
INSUMO	367	AREIA GROSSA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	M3	1,0200
INSUMO	1379	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	KG	392,7200
COMPOSICAO	88377	OPERADOR DE BETONEIRA ESTACIONÁRIA/MISTURADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	7,7200
COMPOSICAO	88399	MISTURADOR DE ARGAMASSA, EIXO HORIZONTAL, CAPACIDADE DE MISTURA 160 KG, MOTOR ELÉTRICO POTÊNCIA 3 CV - CHP DIURNO. AF_06/2014	CHP	1,8000
COMPOSICAO	88404	MISTURADOR DE ARGAMASSA, EIXO HORIZONTAL, CAPACIDADE DE MISTURA 160 KG, MOTOR ELÉTRICO POTÊNCIA 3 CV - CHI DIURNO. AF_06/2014	CHI	5,9200

Fonte: SINAPI – Composição Analítica – Código 87352

3.1.7.2 Execução do Reboco:

Passado um período de tempo superior a 7 dias da aplicação do chapisco, sendo necessário esse período mínimo de tempo para que garanta uma cura e resistência mínima do chapisco, próximo passo foi a execução do reboco, que consistiu de um emboço de camada única e sarrafeado, onde recebeu tratamento final com desempenadeira e espuma para melhor acabamento da parede, a espessura total do revestimento foi de 20mm, segundo especificado pela NBR 13749:1996, que estabelece espessuras de 20 à 30mm para paredes externas, observar Tabela 1.

Tabela 1 – Espessuras máximas e mínimas que o reboco deve possuir.

Dimensões em milímetros	
Revestimento	Espessura
Parede interna	$5 \leq e \leq 20$
Parede externa	$20 \leq e \leq 30$
Tetos interno e externo	$e \leq 20$

Fonte: ABNT – NBR 13 749: 1996.

A aplicação do reboco foi realizada de forma convencional e manual; que consistiu no assentamento das taliscas, que são pontos de referencia da espessura do reboco, geralmente assentadas com pedaços pequenos de cerâmica; prosseguiu

a execução com a verificação do prumo da parede, ou seja, é a garantia da parede encontrar – se reta, geralmente verificado com equipamento denominado de prumo; seguido da execução das faixas entre as taliscas, que funcionaram como guias para o preenchimento da argamassa na área desejada, pois foi pelas faixas que a régua deslizou cortando e sarrafeando as camadas de argamassa aplicada na parede, com o auxílio da colher de pedreiro; procedeu o acabamento final do reboco com o processo de desempenar, que só prosseguiu após o período em que a argamassa se encontrou num estado mais seco, para então desempenar o reboco, que consistiu em alisar e corrigir pequenas falhas deixadas pela régua, durante o corte do reboco, esse alisamento geralmente é feito por uma ferramenta denominada de desempenadeira, se tratando do uso em reboco de cimento, utiliza – se a ferramenta de madeira ou plástico, seguindo parâmetros da NBR 7200:1998. Sendo o protótipo executado por um profissional da construção civil (Pedreiro), Observar figura 18.

Figura 18: Execução do Revestimento Reboco.



Fonte: Autor, 2017

3.2 ENSAIOS NO ESTADO ENDURECIDO

3.2.1 Ensaio de Aderência à Tração:

O ensaio ocorreu nas dependências do CEULP/ ULBRA, como já foi mencionado no item 3.1.2; após 28 dias da execução do reboco no protótipo e sendo executado segundo a norma pertinente NBR 13 528:2010 – Determinação da resistência de aderência à tração, para a execução do ensaio necessitou do conjunto de Dinamômetro de Pressão e pastilhas metálicas, assim como é possível observar na figura 19 na próxima pagina.

Figura 19: Conjunto de aparelhagem durante a execução do ensaio de aderência à tração.



Fonte: Autor, 2017.

3.2.2 Ensaio de Absorção de Água:

Para o cálculo de permeabilidade da argamassa foi utilizado a norma ABNT NBR 9778:2009 – Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. O ensaio decorreu nas dependências do CEULP/ ULBRA, como já foi mencionado no item 3.1.2.

3.2.3 Análise da Viabilidade Financeira:

Após a execução dos ensaios, tendo obtenção dos resultados de resistências à tração, plasticidade e absorção, foi possível levantar dados, onde se realizou os tratamentos dos mesmos, com tabelas e gráficos, fazendo a relação dos quatros tipos de argamassa com diferentes teores de agregado reciclável, com seus respectivos gastos, tendo sempre como referência o traço de argamassa de agregado miúdo natural, onde foi possível chegar aos resultados de análise de custo das argamassas compostas com RCD.

3.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS:

Depois de realizadas as coletas dos corpos-de-prova foram retiradas do protótipo, para obtenção dos resultados oferecidos pelo dinamômetro, em Carga, expressos em Kilograma Força, depois convertidos para Newtons onde foram anotados os dados em planilha, segundo o modelo especificado pela norma NBR 13528: 2010, observar Anexo A, prosseguindo os cálculos, usando as fórmulas,

também estabelecidas pela própria norma pertinente, a norma preconiza também um ensaio complementar para saber o teor de umidade do ambiente no momento do ensaio de tração, observar Anexo D. Para obtenção dos resultados provenientes do ensaio, foi considerando como objetivo principal a resistência de aderência a tração do reboco com o substrato, tendo como ensaio de absorção de água, adicional para que fosse possível analisar as propriedades de permeabilidade das argamassas com diferentes teores de agregado reciclado em sua composição. Foram elaboradas planilhas, tabelas e gráficos para discussão e apresentação dos resultados obtidos.

3.3.1 Resistência de Aderência:

A resistência de aderência à tração de cada corpo-de-prova é proveniente do cálculo da seguinte equação:

$$Ra = \frac{F}{A} \quad [1]$$

Sendo:

Ra = Resistência de aderência à tração (MPa);

F = Força de ruptura (N);

A = Área do corpo de prova (mm).

- **Observação:**

A força e a área devem ser introduzidas na fórmula em número inteiro, enquanto que os valores de resistência devem ser expressos com duas casas decimais.

Para obter valores satisfatórios, os mesmos devem ser maiores de 0,30 MPa, para paredes externas, segundo NBR 13 749:2013, observar tabela 2 abaixo.

Tabela 2 – Resistências mínimas de aderência para revestimentos de cerâmica/pintura/reboco.

Dimensões em Mega Pascal

Local		Acabamento	Ra
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco.	≥ 0,20
		Cerâmica ou Laminado	≥ 0,30
	Externa	Pintura ou Base para reboco	≥ 0,30
		Cerâmica	≥ 0,30
Teto			≥ 0,20

Fonte: ABNT – NBR 13 749: 2013.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS

4.1.1 Caracterização do agregado

4.1.1.1 Distribuição granulométrica do agregado utilizado no traço do chapisco

A Tabela 3 apresenta os valores encontrados nas duas amostras para determinação da composição granulométrica do agregado miúdo, classificado como areia grossa, por estar na zona 4.

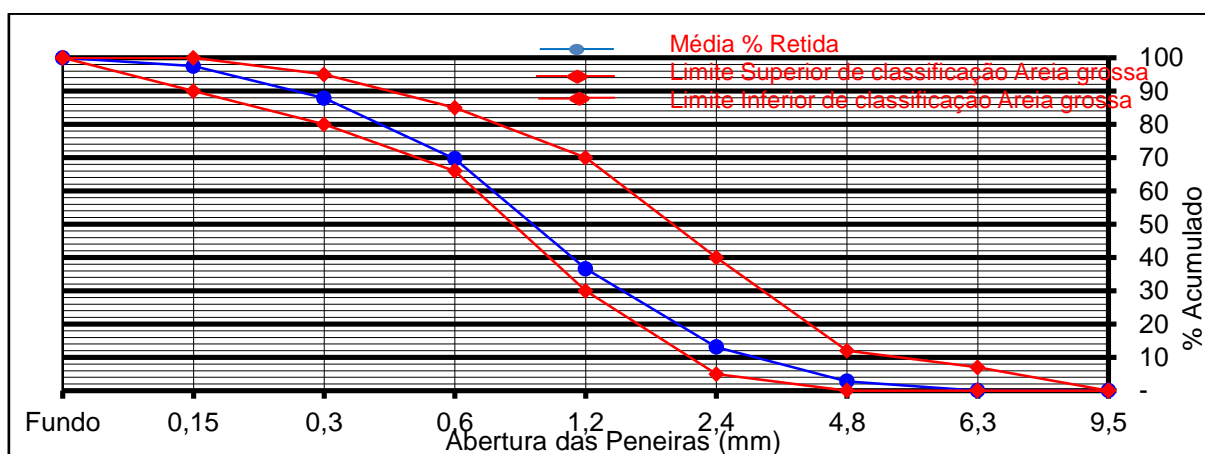
Tabela 3 – Distribuição granulométrica areia grossa

Dados	1° Determinação			2° Determinação			Média % Retida	
Peneiras	Massa Retida(g)	% Retida	% Retida Acumulada	Massa Retida(g)	% Retida	% Retida Acumulada	% Retida	% Retida Acumulada
4,8	13,50	2,70	2,70	14,80	2,96	2,96	2,83	2,83
2,4	54,20	10,84	13,54	48,60	9,72	12,68	10,28	13,11
1,2	116,50	23,30	36,84	118,70	23,74	36,42	23,52	36,63
0,6	163,90	32,78	69,62	166,20	33,24	69,66	33,01	69,64
0,3	89,30	17,86	87,48	93,10	18,62	88,28	18,24	87,88
0,15	48,70	9,74	97,22	47,10	9,42	97,70	9,58	97,46
Fundo	13,90	2,78	100,00	11,50	2,30	100,00	2,54	100,00
Total	500,00	100,00	--	500,00	100,00	--	100,00	--

Fonte: Autor

Para interpretação, classificação e análise dos resultados, realizou-se a média da porcentagem retida acumulada entre as duas determinações e através da Figura 20 é possível observar o comportamento da curva granulométrica do agregado.

Figura 20 – Média das determinações da distribuição granulométrica da areia grossa.



Fonte: Autor, 2017

Conforme a NBR NM 248 (ABNT, 2003) os resultados foram satisfatórios.

4.1.1.2 Distribuição granulométrica do agregado utilizado no traço do reboco.

A Tabela 4 apresenta os valores encontrados nas duas amostras para determinação da composição granulométrica do agregado miúdo, classificado como areia média, por estar na zona 3.

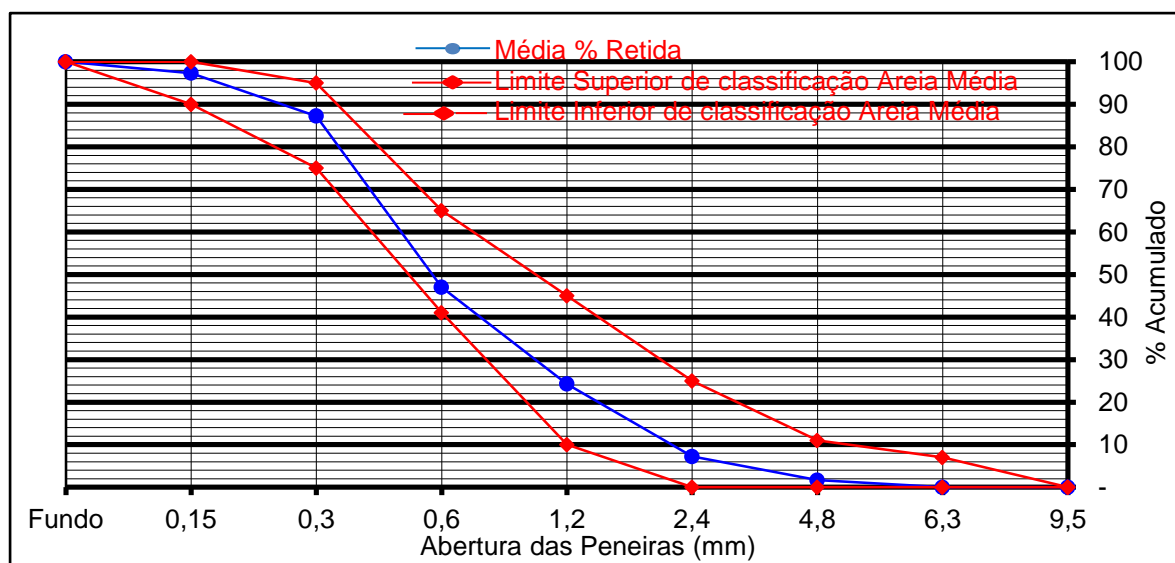
Tabela 4 – Distribuição granulométrica areia média.

Dados	1° Determinação			2° Determinação			Média % Retida	
	Massa Retida(g)	% Retida	% Retida Acumulada	Massa Retida(g)	% Retida	% Retida Acumulada	% Retida	% Retida Acumulada
4,8	7,20	1,44	1,44	9,60	1,92	1,92	1,68	1,68
2,4	28,60	5,72	7,16	26,90	5,38	7,30	5,55	7,23
1,2	86,30	17,26	24,42	84,10	16,82	24,12	17,04	24,27
0,6	110,80	22,16	46,58	116,30	23,26	47,38	22,71	46,98
0,3	203,40	40,68	87,26	199,10	39,82	87,20	40,25	87,23
0,15	51,20	10,24	97,50	49,90	9,98	97,18	10,11	97,34
Fundo	12,50	2,50	100,00	14,10	2,82	100,00	2,66	100,00
Total	500,00	100,00	--	500,00	100,00	--	100,00	

Fonte: Autor

Para interpretação, classificação e análise dos resultados, realizou-se a média da porcentagem retida acumulada entre as duas determinações e através da Figura 21 é possível observar o comportamento da curva granulométrica do agregado.

Figura 21 – Média das determinações da distribuição granulométrica da areia média.



Fonte: Autor, 2017

Conforme a NBR NM 248 (ABNT, 2003) os resultados foram satisfatórios.

4.1.1.3 Distribuição granulométrica do agregado reciclado.

A Tabela 5 apresenta os valores encontrados nas duas amostras para determinação da composição granulométrica do agregado miúdo reciclado, classificado como areia fina, por estar na zona 2.

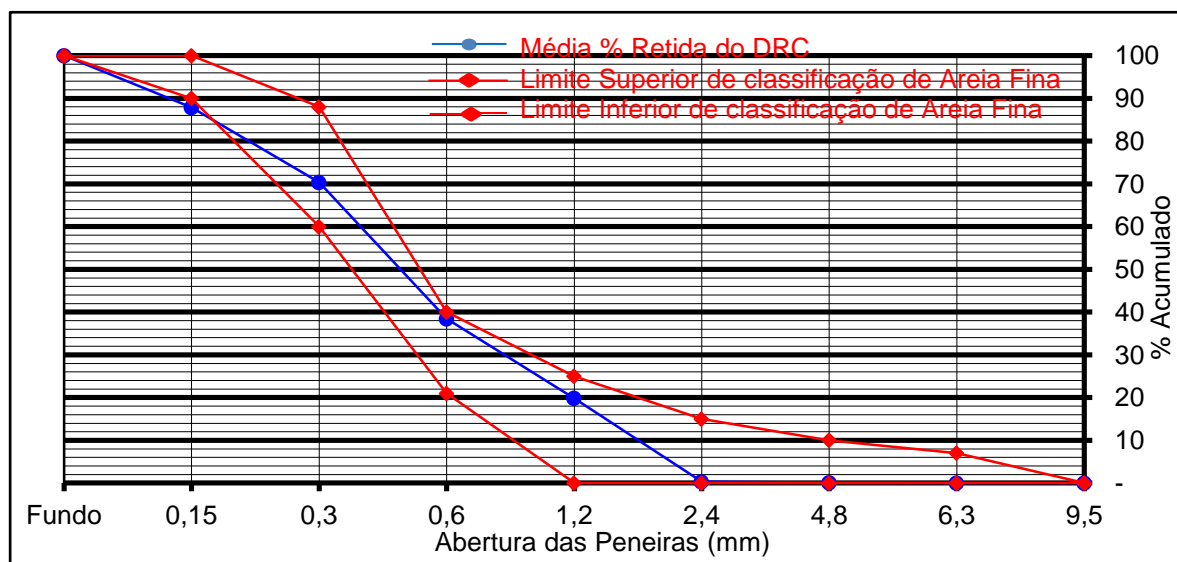
Tabela 5 – Distribuição granulométrica agregado reciclado.

Dados	1° Determinação			2° Determinação			Média % Retida	
	Massa Retida(g)	% Retida	% Retida Acumulada	Massa Retida(g)	% Retida	% Retida Acumulada	% Retida	% Retida Acumulada
4,8	0,40	0,08	0,08	0,50	0,10	0,10	0,09	0,09
2,4	1,10	0,22	0,30	1,20	0,24	0,34	0,23	0,32
1,2	102,70	20,54	20,84	92,20	18,44	18,78	19,49	19,81
0,6	95,10	19,02	39,86	91,00	18,20	36,98	18,61	38,42
0,3	157,60	31,52	71,38	161,50	32,30	69,28	31,91	70,33
0,15	89,10	17,82	89,20	86,20	17,24	86,52	17,53	87,86
Fundo	54,00	10,80	100,00	67,40	13,48	100,00	12,14	100,00
Total	500,00	100,00	--	500,00	100,00	--	100,00	

Fonte: Autor

Para interpretação, classificação e análise dos resultados, realizou-se a média da porcentagem retida acumulada entre as duas determinações e através da Figura 22 é possível observar o comportamento da curva granulométrica do agregado.

Figura 22 – Média das determinações da distribuição granulométrica RCD.



Fonte: Autor, 2017

Conforme a NBR NM 248 (ABNT, 2003) os resultados foram satisfatórios. Para fabricar um agregado reciclado miúdo com granulometria média, teria que selecionar as esferas de aço dentro do moinho, retirando as bolas menores.

4.1.1.5 Comparação da Distribuição granulométrica dos agregados utilizados no estudo.

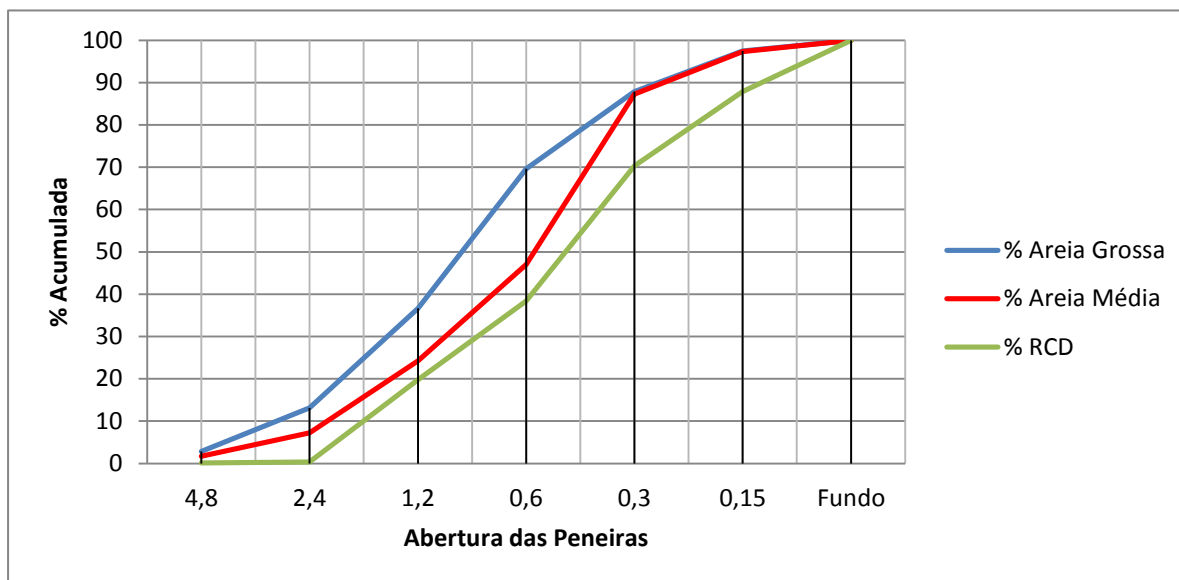
A Tabela 6 apresenta os valores encontrados nas porcentagens retidas nos três tipos de agregado miúdo utilizado no estudo.

Tabela 6 – Distribuição granulométrica dos agregados estudados

Peneiras	% Retida Acumulada Areia Grossa	% Retida Acumulada Areia Média	% Retida Acumulada RCD
4,8	2,83	1,68	0,09
2,4	13,11	7,23	0,32
1,2	36,63	24,27	19,81
0,6	69,64	46,98	38,42
0,3	87,88	87,23	70,33
0,15	97,46	97,34	87,86
Fundo	100,00	100,00	100,00

Fonte: Autor.

Figura 23 – Média das determinações das distribuições granulométrica dos agregados em estudo.



Fonte: Autor, 2017

Observando a figura 23 é possível notar que a curva granulométrica do RCD apresenta – se quase como uma reta em relação as outras, ou seja apresenta pouca variação granulométrica, por se tratar de um material escolhido e beneficiado, sendo um agregado mais coeso, melhorando a trabalhabilidade da argamassa, enquanto

que os outros agregados fazem a curva se comporta com mais variações por se tratar de um material natural sem nenhum controle tecnológico.

4.1.2 Massa específica pelo frasco de Chapman

Para obtenção das massas específicas, expressas na tabela 7, foram utilizadas duas determinações de cada agregado.

Tabela 7 – Massa Específica dos Agregados Miúdos Estudados

Agregado	Amostra nº 01 (g)	Amostra nº 02 (g)	Media (g)
Areia grossa	2.645	2.648	2.646
Areia Media	2,632	2,638	2,635
RCD Moído	2,580	2,600	2,590

Fonte: Autor

Os resultados obtidos foram satisfatórios, uma vez que as diferenças não ultrapassaram o valor estabelecido pela NBR NM 52:2009 que é 0,05g/cm³. E foram classificados como normais, não sendo leves nem pesados.

4.1.3 Material pulverulento

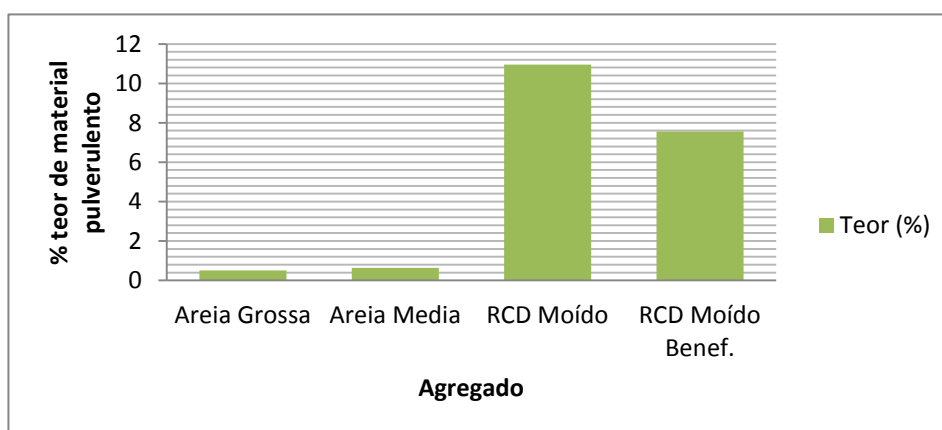
Para a determinação dos agregados em estudo foi utilizado duas amostras de cada agregado, a massa inicial de cada um era de 500g, após terem sido lavadas e secas em estufa as massas obtidas encontram-se relatadas na tabela 8.

Tabela 8 – Material Pulverulento dos Agregados Miúdos Estudados

Agregado	Amostra nº 01 (g)	Amostra nº 02 (g)	Teor (%)
Areia grossa	497,3	497,6	0,51
Areia Media	496,8	496,9	0,63
RCD Moído	445,3	445,1	10,96
RCD Moído Benef.	462,2	462,3	7,55

Fonte: Autor.

Figura 24 – Material Pulverulento dos Agregados Miúdos Estudados



Fonte: Autor.

Para encontrar os teores de material fino expressos pela tabela 8 e na figura 24 foi diminuída a massa seca da massa inicial (500g), e dividido pela própria massa inicial, multiplicando por 100 (%), sendo realizada a média de cada amostra utilizada. Os resultados obtidos não foram satisfatórios, pois, os valores encontrados não diferiram mais que 1% como estabelecido pela norma, porém os teores de material pulverulento em agregados miúdos não podem ser maiores que 3%. O resultado final é dado pela média dos dois valores, NBR NM 46:2003.

Foi necessário realizar um beneficiamento extra no RCD Moído, pois os primeiros processos resultaram em amostras que apresentaram teor de material fino maior que 10%, porém o segundo peneiramento não apresentou resultado satisfatório.

4.1.4 Massa unitária

O recipiente utilizado no ensaio apresentava 316mm de comprimento, 316mm de largura e 150mm de altura, possuindo um volume de, aproximadamente, 15dm³. Para uma melhor precisão nos resultados foram obtidas três determinações, mostradas na Tabela 9.

Tabela 9 – Massa Unitária dos Agregados Miúdos Estudados

Agregado	Amostra nº 01 (g)	Amostra nº 02 (g)	Amostra nº 02 (g)	Media (g)
Areia grossa	1.560	1.580	1.575	1.571
Areia Media	1.522	1.550	1.542	1,538
RCD Moído	1.530	1.532	1,535	1,532

Fonte: Autor

Conforme a NBR 7251 (ABNT, 1982), os resultados encontrados foram satisfatórios, pois, os valores individuais de cada amostra não diferiram mais que 1% em relação à média.

Através dos dados observados na tabela 9 é possível observar que o agregado reciclado se trata de uma material mais leve devido sua composição ser de um material heterogêneo, pois o mesmo sendo o RCD resultante de blocos estruturais de concreto, estes por sua vez foi proveniente de lotes diferentes, ou seja, idades, qualidades ou até mesmo durante o processo de fabricação passaram por temperatura, e condições de ambiente diferentes.

4.2 CARACTERIZAÇÕES DAS ARGAMASSAS

4.2.1. Determinação do traço da argamassa

Os traços utilizados no estudo estão expressos na tabela 10, e como mencionados anteriormente, foram dosados em volume, sendo uma parte de cimento para três de agregado (1:3), o aditivo impermeabilizante utilizado especificava para método de dosagem uma parte de aditivo pra quinze de agua (1:15).

Tabela 10 – Composição dos traços utilizados com teores de substituição de agregado por RCD.

Traços com teores de substituição de RCD	Quant. Cimento (g)	Quant. de Agua (g)	Quant. de Agregad. Natural (cm ³)	Quant. de Agregad. Recicla. (cm ³)	Relação a/c	Quant de Impermeabilizante (ml)
Com 0% de substituição	17200	12500	46080	0	0,73	833,0
Com 20% de Substituição	17200	14600	36864	9216	0,85	973,0
Com 40% de Substituição	17200	15600	27648	18432	0,91	1040,0
Com 80% de substituição	17200	16000	9216	36864	0,93	1070,0

Fonte: Autor, 2017

Através dos dados apresentados na tabela 10 é perceptível o aumento de insumos no traço conforme o teor de RCD, principalmente na quantidade de agua e aditivo isso ocorreu devido à presença de finos no agregado reciclado, sendo composto de restos de bloco de concreto moído, pois os mesmos possuem uma propriedade de absorção elevada.

4.2.2 Determinação do índice de consistência

O índice de consistência das argamassas estudadas com a substituição do agregado miúdo natural por resíduo de construção e demolição (RCD) foi determinado pela média das medidas obtidas através dos diâmetros ortogonais de espalhamento da argamassa, observar tabela 11 na próxima pagina. O resultado é representado em milímetros e arredondado para o número inteiro mais próximo.

Tabela 11 – Índice de Consistência de Argamassas com substituição de Agregado Miúdo por RCD.

Traço com Teores de substituição	Diâmetro (mm)			Média (mm)
	D1	D2	D3	
0% de RCD	310	305	300	305
20% de RCD	315	320	305	313
40% de RCD	310	310	320	313
80% de RCD	310	315	320	315

Fonte: Autor

Todas as medidas obtidas dos traços com diferentes teores foram satisfatórias, usando consistência de 305 mm, para essas condições, pois a argamassa não deve diferir sua consistência $\pm 10\text{mm}$ do traço usado como referência, segundo informações da UFRG (Universidade Federal do Rio Grande do Norte), tendo com referência NBR 13 276 (ABNT 2016), pois esse intervalo indica uma zona de coesão semelhante à escolhida para o estudo.

Observando as substituições de agregado natural por RCD na tabela 11, é possível perceber que areia natural, proporcionou na argamassa uma melhor consistência que o RCD, pois o aumento do diâmetro indica uma argamassa tendendo mais para o estado líquido, dificultando sua coesão e aderência em paredes e tetos, isso decorreu devido a presença de finos provenientes do RCD, que absorvem de forma rápida a água, aumentando a necessidade de elevação do fator água/cimento. Após verificação dos resultados, é perceptível que uma possível redução no diâmetro de consistência da argamassa, proporcionaria melhoras na aplicação da argamassa.

4.2.3 Aferição da Resistência à Tração do Protótipo

4.2.3.1 Análise da Resistência à Tração.

O ensaio procedeu após os 28 dias de curas, decorrendo em 4 dias seguidos, pois em cada revestimento, com seus respectivos teores de RCD moído, necessitaram de 12 amostras, porém o equipamento dinamômetro usado no ensaio era composto de apenas 12 pastilhas. Os corpos de prova possuíam 50 mm de diâmetro e 2 cm de espessura, como estabelecido respectivamente pela NBR 13 528 e NBR 13 749. A resistência de aderência à tração das argamassas estudadas com a substituição do agregado miúdo natural por resíduo de construção e

demolição (RCD) foi determinada pela média dos 12 corpos de prova de cada traço contendo os diferentes teores de substituição (20, 40 e 80%), observar tabela 12. O resultado é apresentado em MPa expressos com duas casas decimais. Os dados obtidos de carga e formas de ruptura, estão nos Anexos B e C.

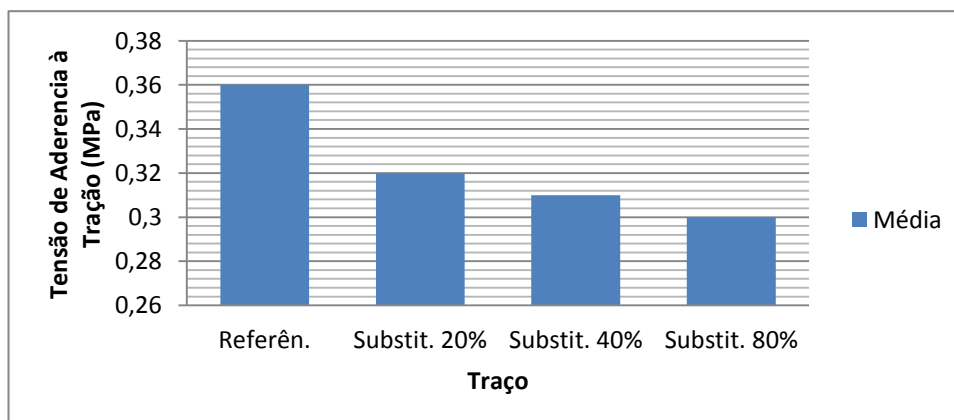
Tabela 12 – Média de aderência à tração de Argamassas com substituição de Areia natural por RCD.

Traço Corpo de Prova	Tensão Ra (MPa)			
	Referência	Substituição 20%	Substituição 40%	Substituição 80%
1	0,40	0,34	0,25	0,34
2	0,39	0,30	0,32	0,28
3	0,39	0,29	0,25	0,24
4	0,38	0,34	0,37	0,33
5	0,31	0,35	0,37	0,24
6	0,40	0,32	0,36	0,24
7	0,31	0,34	0,25	0,36
8	0,40	0,29	0,25	0,36
9	0,31	0,29	0,25	0,24
10	0,31	0,35	0,25	0,36
11	0,40	0,32	0,37	0,24
12	0,31	0,34	0,34	0,36
Média	0,36	0,32	0,31	0,30

Fonte: Autor, 2017.

Através dos resultados encontrados é possível observar que a média dos 4 traços estudados foram satisfatórios, conforme NBR 13749,2010, esta norma preconiza para rebocos em áreas externas, resistências maiores ou iguais à 0,30 MPa. Porém o desempenho das argamassas reduziu de acordo com o aumento no teor de substituição de agregado natural por RCD. Isso ocorreu devido a quantidade de finos presentes nos traços das respectivas argamassas, obtendo dessa forma o fator água/cimento maior que o reboco com areia natural, o que impacta negativamente na resistência da argamassa, além de uma contribuição da elevada temperatura do ambiente e a presença de ventos fortes no momento da execução. Observar figura 25 para melhor compreensão dos resultados.

Figura 25 – Média de aderência à tração de Argamassas com substituição de Areia natural por RCD.

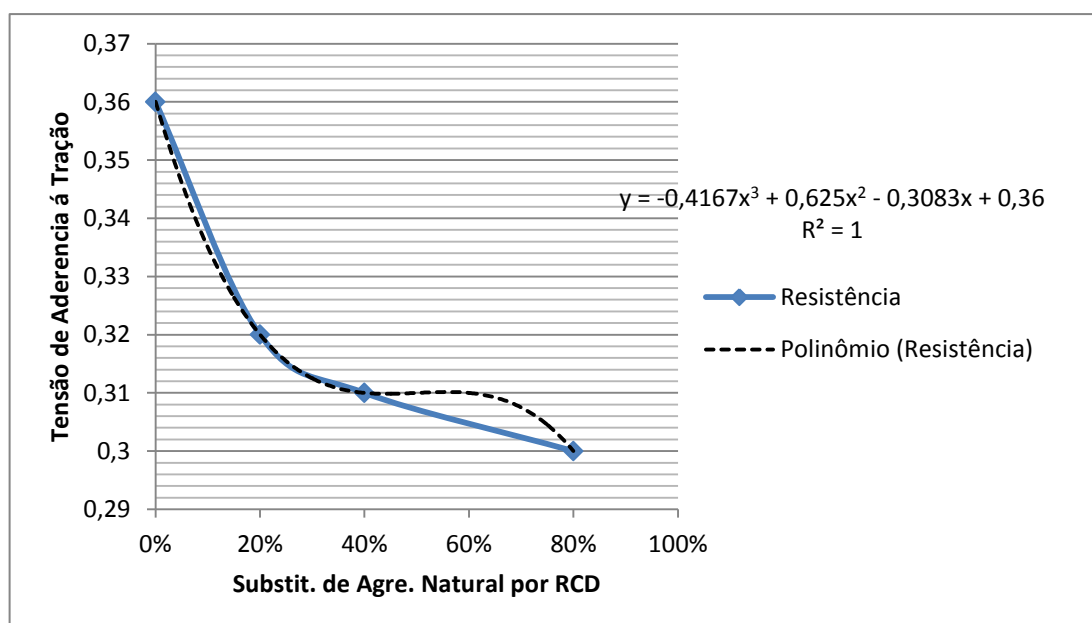


Fonte: Autor, 2017

Antes do ensaio de resistência à tração alguns corpos de prova foram rompidos durante a execução dos furos, porem houve à substituição dos mesmos por novos furos, uma vez que área do reboco permitia mais retirada de amostras, ressaltando a importância de ter – se uma área para estudo dimensionada para possíveis erros na execução dos ensaios.

Tendo obtido essas resistências, com a substituição do agregado natural pelos diferentes teores de RCD, foi montado a figura 26, com a curva de tendência de 3º grau com objetivo de encontrar diferentes pontos de resistência, que explicam até quanto a substituição do agregado reciclado, é aceitável para garantir aderência na argamassa.

Figura 26 – Curva de Tendência de aderência à tração de Argamassas com substituição de Areia natural por RCD.



Fonte: Autor, 2017

Ao observar a curva de tendência, é perceptível que os pontos que mais se aproximaram da curva estão dentro do intervalo de 20 à 40% de substituição de RCD, isto indica que qualquer substituição dentro deste intervalo apresentará bons resultados de aderência à tração.

Os resultados obtidos por meio desse tipo de ensaio são variáveis, isso ocorre devido a resistência ao arrancamento não depender somente da argamassa, mais sim da interação revestimento/substrato, tendo influencia das características de ambos. A variação dos traços estudados foi satisfatória, pois todos apresentaram resistência dentro dos limites dos seus respectivos desvios padrões,

tendo como referencia de intervalo á media das resistências, observar tabela 13, na próxima pagina.

Tabela 13 – Variação da resistência dos corpos de provas das argamassas com 28 dias..

Traço	Resistência (MPa)
Referencia	0,36
Desvio Padrão	0,045
Coef. De Variação (%)	2,36
Com Subs. de 20% RCD	0,32
Desvio Padrão	0,025
Coef. De Variação (%)	0,069
Com Subs. de 40% RCD	0,31
Desvio Padrão	0,058
Coef. De Variação (%)	3,73
Com Subs. de 80% RCD	0,30
Desvio Padrão	0,056
Coef. De Variação (%)	3,47

Fonte: Autor, 2017

Observando as variações das resistências, é possível perceber que a argamassa com teor de 20% de substituição de agregado natural por RCD, apresentou melhor comportamento que as demais, sendo também perceptível que a pouca substituição de agregado reciclado na argamassa favoreceu a ligação entre os insumos componentes da argamassa, uma vez que a mesma apresentou coeficiente de variação menor que o traço de areia natural, isso ocorreu devido a menor presença de materiais finos que os demais teores de substituição.

4.2.3.2 Formas de Ruptura no ensaio.

Os corpos de provas retirados do revestimento tinham seção circular e foram executados utilizando serra copo, obtendo assim diâmetros de 50mm, o corte foi realizado á seco e sua profundidade era de 20mm no revestimento e 3 mm no substrato.

Através das formas de rupturas das camadas que antecedem o revestimento em reboco de cimento, foi possível identificar o comportamento das argamassas, com os teores de RCD em sua composição, no requisito aderência do reboco ao substrato, observar tabela 14, na próxima pagina.

Tabela 14 – Média das Formas de Ruptura das Argamassas com substit. de Areia natural por RCD.

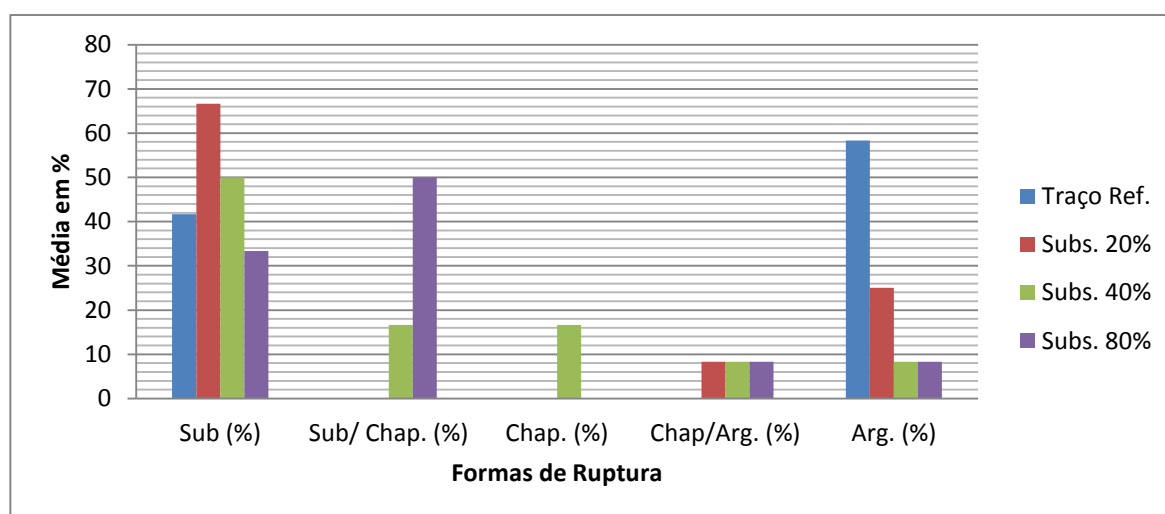
Traço	Sub (%)	Sub/ Chap. (%)	Chap. (%)	Chap/Arg. (%)	Arg. (%)	Total (%)
Traço Ref.	41,67				58,33	100
Subs. 20%	66,67			8,33	25	100
Subs. 40%	50	16,67	16,67	8,33	8,33	100
Subs. 80%	33,33	50		8,33	8,33	100

Fonte: Autor, 2017

Observando os dados obtidos no ensaio é possível identificar que os rompimentos aconteceram em maior número no substrato, mostrando assim que os revestimentos executados com argamassas constituídas com RCD proporcionam uma diminuição na aderência ao substrato, comparado – as, com o traço usado como referência, composto com o agregado miúdo natural. Isso ocorre devido à presença de finos no RCD, e o aumento do fator água/cimento. Observar figura 27, para melhor compreensão dos resultados.

Seguem nos anexos B, C e D tabelas, estabelecidas pela norma pertinente NBR 13 528, para auxiliar na compreensão dos resultados.

Figura 27 – Média das Formas de Ruptura nas Camadas Constituintes dos Revestimentos Estudados



Fonte: Autor, 2017

4.2.4 Determinação da Absorção de Água por Imersão.

Absorção de água das argamassas estudadas com a substituição do agregado miúdo natural por resíduo de construção e demolição (RCD) foi determinado pela média dos três corpos prova de cada traço com 0, 20, 40 e 80% de substituição, sendo obtido o peso seco em estufa e o peso saturado após imersão, ambos com 72 horas, procedeu a diminuição do peso saturado pelo seco e dividiu o resultado pelo valor do peso seco e o resultado é possível observar na tabela 15.

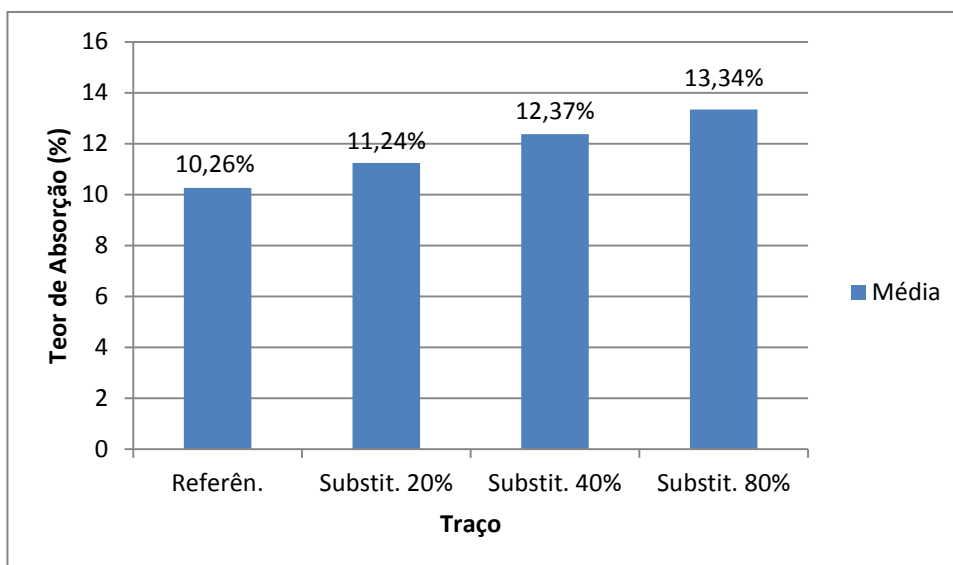
Tabela 15 – Absorção de Água por Imersão.

Traço	CP	Amostra Seca (g)	Amostra Sat. (g)	Teor de Absorção (%)	Média Teor Absor. (%)
REF	1	382,6	421,9	10,27	10,26
	2	391,6	431,4	10,16	
	3	382,3	421,9	10,36	
Subs. 20%	1	365,1	406,1	11,23	11,24
	2	364,4	405,5	11,28	
	3	366,8	407,9	11,21	
Subs. 40%	1	361,7	405,6	12,14	12,37
	2	361,8	406,5	12,35	
	3	362,2	407,9	12,62	
Subs. 80%	1	355,6	402,1	13,08	13,34
	2	353,5	401,2	13,49	
	3	354,1	401,7	13,44	

Fonte: Autor, 2017

Todos os resultados obtidos foram satisfatórios, pois nenhuma das amostras diferiram mais que 0,5% da menor massa dos seus respectivos traços, segundo parâmetros da NBR 9778,2005. Através dos dados encontrados é possível observar que conforme o aumento da substituição da areia natural por agregado reciclado existe uma elevação no teor de água absorvida pelas argamassas, isso ocorreu devido o RDC utilizado ter a presença de finos em sua composição e ser um material proveniente de blocos de concreto, que se trata de um material com índice de absorção alto. Observa figura 28, na próxima página, para melhor compreensão dos resultados.

Figura 28 – Absorção de Água por Imersão



Fonte: Autor, 2017

4.2.5. Comparação dos Ensaios Realizados nas Argamassas.

Tendo todos os resultados dos ensaios realizados neste estudo, foi montada a seguinte tabela, para melhor análise das propriedades da argamassa, quando submetida à alterações em sua composição, substituído agregado miúdo natural por agregado reciclado em diferentes teores. Observar tabela 16.

Tabela 16 – Comparativo dos Ensaios Realizados nas Argamassas.

Ensaio	Argamassa			
	Referen.	Com Subs. de 20%	Com Subs. de 40%	Com Subs. de 80%
Consistência (mm)	305	313	313	315
Aderência (MPa)	0,36	0,32	0,31	0,30
Absorção (%)	10,26	11,24	12,37	13,34

Fonte: Autor, 2017

Ao observar os resultados encontrados, é perceptível verificar que conforme o aumento do teor de RCD na argamassa suas características sofreram redução de resistência em ambos os ensaios, no entanto todos apresentaram resultados satisfatórios segundo os parâmetros de suas respectivas normas pertinentes.

Analisando o traço realizado com 20% de substituição de agregado reciclado, este foi o que proporcionou melhor comportamento para a argamassa, em todos os ensaios realizados, até mesmo na curva de tendência, mostrada no item 4.2.3.1, na figura 26, sendo o ponto que mais se aproximou da curva; apresentou também pouca variação e um baixo desvio padrão, nas amostras retiradas para o ensaio de aderência à tração, apresentando menor variação que à argamassa feita com areia natural, como foi mostrado na tabela 13, anteriormente. Tendo isto, à substituição que melhor se adequou na composição dos insumos das argamassas e apresentou melhor consistência, aderência ao substrato e absorção de água, em relação aos demais teores, foi à com teor de 20% agregado reciclado, decorrente da menor presença de material fino, o que impacta negativamente nas propriedades das argamassas.

4.3 ANALISE DE CUSTO

Para análise de custo comparativo, da produção e aquisição dos agregados reciclados e naturais, foram atribuídas algumas situações, baseadas no desenvolvimento desta pesquisa. Tendo isso, foi considerada para comparar os referidos agregados, a produção de 1 metro cúbico, sendo o preço de mercado da areia R\$33,33. Para o beneficiamento de 1 metro cúbico RCD foi gasto 8 horas do dia, sendo necessária a utilização da mão de obra de três operários, e para fins de cálculo considerou-se a diária de cada um no valor de R\$31,89, diária baseada no valor do salário mínimo. Quanto o custo do equipamento considerou-se o valor de aquisição e dividiu pelo tempo de depreciação, sendo usado britador de mandíbula MB2 9060 WEG no valor de R\$12500,00 e moinho de esferas de capacidade de 10 litros, no valor R\$28000,00, com tempo de uso de ambos, de 4 anos (1460 dias), as informações dos equipamentos tem como referência o site da REHNI – Máquinas e Equipamentos. Observar tabela 17 abaixo.

Tabela 17 – Comparativo de custo de 1 metro cúbico de agregado natural e reciclado.

Custo	Agregado	
	Natural	Reciclado
Aquisição (R\$)	33,33	0
Homem/Dia (R\$)	0	95,67
Britador/Dia (R\$)	0	8,56
Moinho/Dia (R\$)	0	20,00
Total	33,33	124,23

Fonte: Autor, 2017

Em relação ao custo de aquisição do Agregado miúdo reciclado, comparado com agregado natural, o RCD obteve vantagem, pois possuiu custo zero; enquanto que para o beneficiamento de ambos, o RCD proporcionou um alto custo com tempo, hora/homem e desgaste dos equipamentos utilizados para britar e moer o referido agregado, sendo que a areia natural dispensou beneficiamento, uma vez que já se encontrava pronta para uso.

Para uma produção de agregado reciclado em longa escala longa escala, existe no mercado um equipamento elétrico, denominado de reciclador de resíduos de construção civil, móvel, de manuseio e manutenção simples e fácil, capaz de produzir 2,2 metros cúbicos por hora, ideal para construtoras ou usinas de reciclagem, observar figura 29. Tendo este equipamento a produção de RCD, se torna mais viável que a areia natural, pois considerando para fins de cálculo, um operário trabalhando 8 horas por dia, à um valor de R\$31,89, e custo inicial do equipamento no valor de R\$35000,00, dividido pelo tempo depreciação de 4 anos (1460 dias) gera um valor de R\$23,97R\$, as informações do equipamento tem como referencia o site da REHNI – Maquinas e Equipamentos, sendo assim o custo para produzir o agregado reciclado por um dia chega à R\$55,83R\$ (desconsiderando o gastos com energia elétrica), enquanto que a produção diária seria de 8 horas por dia multiplicado por 2,2 metros cúbicos por hora, totalizando na produção de 17,6 metros cúbicos.

Figura 29 – Reciclador de Resíduo de Construção Civil.



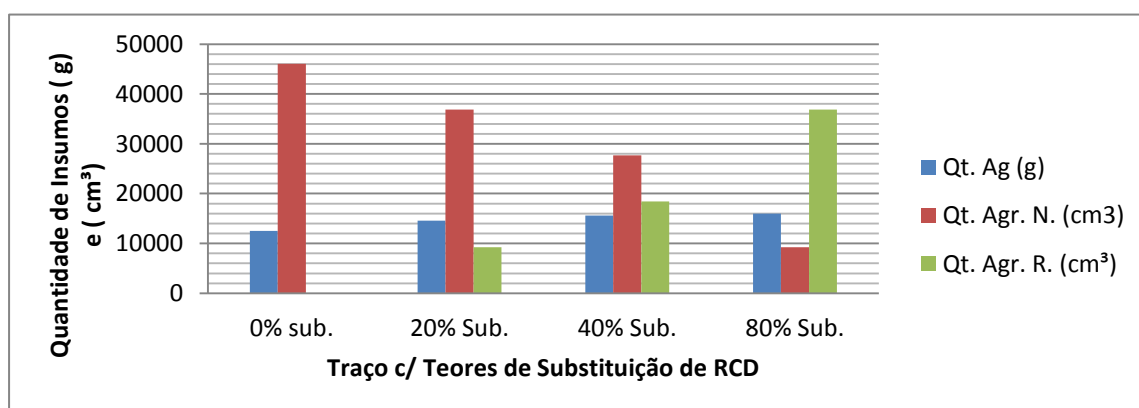
Fonte: REHNI – Maquinas e Equipamentos, 2017.

Tendo como análise do consumo dos insumos utilizados nos traços estudados, é perceptível que quanto maior o teor de substituição do agregado natural por o RCD persistiu uma elevação na quantidade de agua e aditivo (uma vez

que a dosagem do aditivo é relacionada à quantidade de água) decorrente da presença de materiais finos presente nas argamassas, somado com o índice de absorção do agregado reciclado proveniente de blocos de concreto, necessitando uma maior quantidade de água, aumentando automaticamente o custo financeiro do processo de substituição da areia natural por areia reciclada, observar Figura 30 e 31 na próxima página.

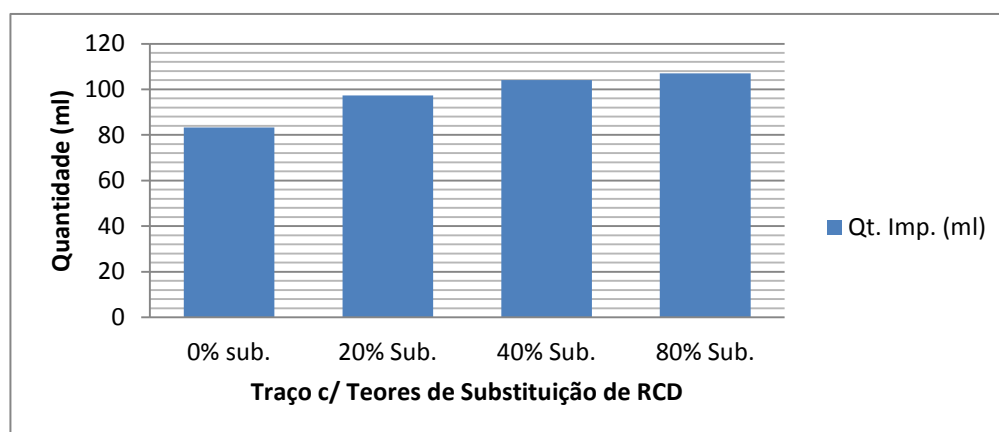
Analisando custo de aquisição, tempo, hora/homem, desgastes físicos dos equipamentos e elevação no consumo de insumos componentes das argamassas, à substituição do agregado natural por agregado reciclado, foi considerado inviável financeiramente, pois só obteve uma vantagem para quatro desvantagens observadas, porém se produzido em longa escala com equipamento adequado se torna viável financeiramente, pois a produção de agregado reciclado com reciclador mecânico consegue produzir 17 vezes mais que o método de produção de RCD moído utilizado na pesquisa, durante 8 horas por dia.

Figura 30 – Análise de Consumo de Água em Relação a Quantidade de RCD.



Fonte: Autor

Figura 31 – Consumo de Aditivo Impermeabilizante em Relação a Quantidade de RCD.



Fonte: Autor.

Para comparativo final de custo da fabricação das argamassas com os diferentes teores de agregado reciclado, foi construída a tabela 18 abaixo, sendo consideradas as quantidades de agregados naturais e reciclados e insumos como água e aditivos mencionados na tabela 10, medidos respectivos em metro cubico e litros, e valores de aquisições e beneficiamento foram provenientes da tabela 17, enquanto que para a água considerou – se R\$4,11 para cada 1000 litros, segundo a companhia de saneamento do Tocantins, enquanto que para o aditivo, considerou-se R\$ 18,00 para cada litro, conforme produto comprado para o estudo.

Tabela 18 – Comparativo de custo final da produção de argamassas com diferentes teores de agregado reciclado.

Custo	Argamassa			
	Ref	Com Subs 20%	Com Subs 40%	Com Subs 80%
Aquisição do agreg. Natur.(R\$)/m³	1,53	1,23	0,92	0,31
Aquisição do agreg. reciclado (R\$)/m³	0	0	0	0
Beneficia. do agreg. (RS)/m³/dia	0	1,14	2,29	4,58
Água (R\$)/L	0,05	0,06	0,064	0,065
Aditivo (R\$)/L	15	17,51	18,72	19,26
Custo Total (R\$)	16,58	19,94	21,994	24,215

Fonte: Autor, 2017

A tabela acima reforça os resultados comentados nas tabelas e gráficos anteriores, observando que conforme o aumento dos teores de RCD presentes nas argamassas aumenta a quantidade e custo de insumos como água e aditivo, além do custo com mão de obra e depreciação de equipamentos. Isso ocorreu devido a quantidade de material pulverulento ser elevado no agregado reciclado usado no estudo.

5. CONCLUSÃO

De acordo com o que foi apresentado, e através da caracterização dos materiais, dos procedimentos de confecção do protótipo e produção das argamassas com diferentes teores de RCD, torna-se possível concluir que os resultados encontrados nas caracterizações dos agregados reciclados quanto do natural foram satisfatórios, pois os mesmos atenderam as exigências e critérios das normas pertinentes. Porém a quantidade de material pulverulento no RCD, não foi satisfatório, pois o teor de finos utilizados na composição das argamassas apresentou valor de 7,55% sendo o permitido somente igual ou menor que 3% de material pulverulento em agregados miúdos.

Quanto à argamassa empregada no protótipo, pode-se dizer que a mesma apresentou um bom aspecto visual e uma boa trabalhabilidade no momento da execução do reboco do protótipo, conforme o aumento do teor de RCD presente na composição do traço, porém após realizar os ensaios de aderência à tração, foi observado que quanto maior o teor de RCD presente na argamassa houve uma redução na aderência ao substrato, se comparado com o traço composto de agregado natural, mesmo nestas condições os ensaios de aderência apresentaram resultados satisfatórios, pois todos os traços executados obtiveram resistência superior ao que preconiza a NBR 13749,2013 que estabelece para revestimentos de reboco com argamassa de cimento, em meio externo, não deve ser menor que 0,30 MPa. A redução da aderência das argamassas compostas de agregado reciclado ocorreu devido à presença de material pulverulento, uma vez que estes exigem uma elevação no fator água/cimento impactando negativamente na resistência tanto de argamassas como de concretos, além de uma pequena contribuição das altas temperaturas, característica do ambiente onde decorreu o ensaio, podendo causar retração de água, diminuindo o tempo de pega da argamassa.

Quanto à consistência os resultados foram satisfatórios, pois os mesmos atenderam as exigências da norma pertinente, que preconiza que os resultados não podem diferir mais ou menos 10 mm da consistência adotada como referência, esse intervalo indica que a argamassa apresenta boa trabalhabilidade no momento de sua aplicação.

No que tange ao ensaio de absorção de água, todos os resultados foram satisfatórios, pois nenhuma das amostras diferiu mais que 0,5% da menor massa dos seus respectivos traços, segundo o que preconiza a norma pertinente. Foi

possível observar elevação no teor de água absorvida conforme a quantidade de RCD presente nas argamassas, decorrente aos materiais finos provenientes do beneficiamento do agregado reciclado.

Em relação à sustentabilidade e resolução do problema da destinação final do RCD, os ensaios realizados neste estudo provaram ser possível o aproveitamento deste material na composição das argamassas, uma vez que estes apresentaram resultados aceitáveis pelas normas pertinentes.

Durante a execução do chapisco e reboco do referido protótipo estudado, verificou-se a importância do tratamento superficial do substrato, que consiste em limpeza e umedecimento do mesmo evitando assim manifestações patológicas causadas por baixa aderência ao substrato, decorrente da presença de fungos e materiais pulverulentos, retração térmica da argamassa decorrente de elevadas temperaturas, o que pode levar a possíveis trincas, fissuras e descolamento do revestimento da alvenaria.

Quanto à parte que refere-se a viabilidade financeira da substituição do agregado natural por agregado reciclado, o RCD obteve resultado insatisfatório, analisando os pontos abordados no estudo, adquirindo quatro desvantagens para uma vantagem, apresentando elevação no consumo de insumos que compõem o traço das argamassas; o tempo gasto, custo com hora/Homem e Desgastes mecânicos da máquinas usadas para beneficiar o agregado reciclado, tendo como única vantagem o custo zero de aquisição, porém se for produzido por equipamento adequado e em longa escala de tempo, tornasse viavelmente econômico, pois produz agregado reciclado 17 vezes mais que o método e equipamentos utilizados na pesquisa.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A construção civil vem necessitando cada vez mais de novas tecnologias para melhoria na execução de projetos e edificações, visando a sustentabilidade e viabilidade técnica e financeira, Sendo assim seria de grande importância o desenvolvimento de novos estudos para solucionar o problema discutido neste trabalho. A seguir algumas sugestões:

- Substituição parcial de agregado graúdo por RCD britado na composição de traços para execução de calçadas projetadas para mobilização de pessoas;

- Substituição parcial de agregado miúdo natural por RDC moído na composição de traços de argamassas utilizando aditivos específicos para aplicação de revestimento cerâmico.
- Realizar essa mesma pesquisa, substituindo nos traços o aditivo impermeabilizante por plastificante, utilizando outros teores de substituição de agregado natural por agregado reciclado.

REFERENCIAS

AMBROZEWICZ, Paulo Henrique. **Materiais de construção**: 1. ed. São Paulo: Pini, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 13281. Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR 5732. Cimento portland comum**. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

_____. **NBR 11578. Cimento portland composto**. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

_____. **NBR 5736. Cimento portland pozolânico**. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

_____. **NBR NM 137. Argamassa e concreto – água para amassamento e cura de argamassa e concreto de cimento Portland**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

_____. **NBR 7200. Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

_____. **NBR NM 45. Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

_____. **NBR NM 52. Determinação da massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR NM 248. Agregados – Determinação da Composição Granulométrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. **NBR 13 276. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto – Determinação do índice de consistência**. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

_____. **NBR 13 749. Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

_____. **NBR 13 528. Determinação da resistência de aderência à tração**. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ANGULO, Sergio Cirelli. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento mecânico de concretos**. Tese Doutorado. São Paulo, 2005.

ASSUNÇÃO, L.T. de; CARVALHO, G.F. de; BARATA, M.S. **Avaliação das propriedades das argamassas de revestimento produzidas com resíduos da construção e demolição como agregado**. Exacta, São Paulo, v. 5, n, p 223-230, jul/dez, 2007. Disponível em:
<http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/f/fd/Tema_4_Artigo_2.pdf> Acesso em 03 de mar. 2017.

BAUER, Alfredo. **Materiais de construção**: 5. Ed. rev. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

BRASILEIRO, Luzana Leite. **Utilização de Agregados Reciclados Provenientes de RCD em Substituição ao Agregado Natural no Concreto Asfáltico**. Dissertação de Pós Graduação. Teresina, 2013.

CANEDO, Aline Crispim; BRANDÃO, Fernando Buiate; FILHO, Fernando Luiz Peixoto. **Reaproveitamento de resíduo de construção na produção de argamassa de revestimento**. Trabalho de Conclusão de Curso. Goiânia: 2011.

CARASEK, Helena. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo, IBRACON, 2007.

CARDÃO, Celso. **Técnicas da construção**: 6. Ed. Belo Horizonte: Engenharia e Arquitetura, 1983.

COSTA, E.B.C. **Recomendações para a execução do ensaio de resistência de aderência à tração em revestimentos de argamassa**. In: VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2009, Brasil.

LIMA, FLAVIO. **Renacer indústria- catálogo**. Disponível em : <<https://renacerindustriacatalogo.wordpress.com/2014/12/08/mesa-de-fluidez-flow-table-manual-para-argamassa-refrataria/>> Acesso em : 19 abr. 2017

MIRANDA, L.F.R. **Estudos de fatores que influem na fissuração de revestimentos de argamassa com entulho reciclado**. 2000. 190 f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia e Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.

PIMENTEL, Ubiratan Henrique Oliveira. **Análise da geração de resíduos da construção civil da cidade de João Pessoa - PB**. Tese Doutorado - UFBA. João Pessoa, 2013.

PINI, JOAO. **Construnormas – Normas técnicas de desempenho interpretadas para o profissional da construção civil – Revestimento de argamassa – Parede interna e fachada**. Disponível em : <<http://construnormas.pini.com.br/engenharia-instalacoes/vedacoes-revestimentos/revestimento-de-argamassa-parede-interna-e-fachada-340466-1.aspx>> Acesso em : 30 abr. 2017

OLIVEIRA, Barbara. **Uso de resíduos de construção e demolição em argamassa para revestimento de alvenaria**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014872.pdf>> Acesso em 03 mar. 2017.

PETRUCCI, Eladio. **Materiais de construção**: 11 Ed. São Paulo: Globo 1998.

RESOLUÇÃO CONAMA – **CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, N° 307, 5/07/2002.** Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

SANTOS, Heraldo Barbosa. **Ensaio de aderência nas argamassas de revestimento.** Monografia de Especialização. Belo Horizonte: 2008.

SINAPI - **SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTO E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL.** Disponível em :

<<http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/pesquisa.aspx?k=Composi%C3%A7%C3%A3o%20Analitica>>Acesso em :19 abr. 2017

UDESC – UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA. **Laboratório da engenharia civil – Equipamentos/fotos.** Disponível em: <<http://www.cct.udesc.br/?id=1815>>Acesso em : 19 abr. 2017.

APÊNDICES

APÊNDICE A

AUTORIZAÇÃO

A empresa CREMA ENGENHARIA E PROJETOS LTDA, pertencente ao CNPJ: 11.870.931/0001 – 67, responsável pela construção da Obra Conjunto Habitacional 02, localizada na Quadra 1306 sul, Alameda 03 A, HM 1, Palmas - Tocantins, autoriza o acadêmico de engenharia civil, do Centro Universitário Luterano de Palmas, CLEITON OLIVEIRA DOS SANTOS, pertencente ao CPF: 028.679.082 – 30 á utilizar como objeto de estudo os resíduos de construção gerados pela obra em questão, para o Trabalho de Conclusão de Curso do acadêmico.

CREMA ENGENHARIA E PROJETOS LTDA.

ANEXOS

ANEXO A – Exemplo de tabela recomendada para análise de resultados de ensaio de arrancamento.

Ensaio de resistência de aderência à tração															
Data: __/__/__				Temperatura: ____ °C				Umidade relativa: ____ %							
Interessado: _____															
Obra: _____															
Endereço: _____															
1. Informações do sistema de revestimento															
Substrato: () Bloco cerâmico () Bloco de concreto () Estrutura de concreto () _____															
Chapisco: () Não () Sim															
Argamassa: () Cimento () Mista: _____ () Industrializada															
Tipo de aplicação da argamassa: () Manual () Mecânica															
Idade do revestimento: _____															
2. Informações da metodologia de ensaio															
Equipamento de corte – Marca: _____ Modelo: _____															
Cola utilizada: _____															
Dinamômetro de tração – Marca: _____ Modelo: _____															
3. Coleta de dados															
n°	Corpo de prova				Local do ensaio		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (MPa)	Forma de ruptura (%)						
	d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	Área (mm²)	Bloco	Junta			Sub.	Sub/Chap	Chap.	Chap/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola/Past
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
<p>NOTA d1 e d2 são os diâmetros do corpo de prova dm é o diâmetro médio do corpo de prova Tensão (MPa) é a carga de ruptura (N)/Área do corpo de prova (mm²) Mu (g) é a massa úmida do testemunho + massa do recipiente Mi (g) é a massa do recipiente Ms (g) é a massa seca do corpo de prova w (%) é a umidade do revestimento = $\frac{(Mu-Mi)-Ms}{MS} \cdot 100$</p>															
<p>4. Observações</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>															

Informações revestimento

n°	Unidade %				Espessura (mm)
	Mi (g)	Mu (g)	Ms (g)	w (%)	
1					
2					
3					

Fonte: ABNT – NBR 13528:2010 – Determinação de Aderência á tração.

ANEXO B – Ensaio de Aderência à Tração em Revestimento de Reboco com Substituição de Agregado Miúdo por 0 e 20% RCD.

	CP	Forma de ruptura (%)								Área (mm²)	Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (MPa)
		Sub	Sub/ Chap.	Chap. p.	Chap/ Arg.	Arg.	Arg./ Cola	Cola/ Past.	Total			
Reboco de traço Referencia	1					100			100	1963,50	784,8	0,40
	2					100			100	1963,50	774,99	0,39
	3					100			100	1963,50	774,99	0,39
	4					100			100	1963,50	755,37	0,38
	5	100							100	1963,50	608,22	0,31
	6	100							100	1963,50	784,8	0,40
	7	100							100	1963,50	608,22	0,31
	8					100			100	1963,50	794,61	0,40
	9	100							100	1963,50	608,22	0,31
	10					100			100	1963,50	608,22	0,31
	11					100			100	1963,50	784,8	0,40
	12	100							100	1963,50	608,22	0,31
Reboco de Traço com Subs. de 20% de RCD.	1	100							100	1963,50	667,08	0,34
	2	100							100	1963,50	588,6	0,30
	3	100							100	1963,50	568,98	0,29
	4					100			100	1963,50	676,89	0,34
	5					100			100	1963,50	696,51	0,35
	6					100			100	1963,50	637,65	0,32
	7				100				100	1963,50	676,89	0,34
	8	100							100	1963,50	578,79	0,29
	9	100							100	1963,50	568,98	0,29
	10	100							100	1963,50	686,7	0,35
	11	100							100	1963,50	627,84	0,32
	12	100							100	1963,50	676,89	0,34

Fonte: NBR 13528.

ANEXO C – Ensaio de Aderência à Tração em Revestimento de Reboco com Substituição de Agregado Miúdo por 40 e 80% RCD.

	CP	Forma de ruptura (%)								Área (mm²)	Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (MPa)
		Sub	Sub/Chap.	Chap.	Chap/Arg.	Arg.	Arg./Cola	Cola/Past.	Total			
Reboco de Traço com Subs. de 40% de RCD	1		100						100	1963,50	490,5	0,25
	2		100						100	1963,50	637,65	0,32
	3			100					100	1963,50	500,31	0,25
	4	100							100	1963,50	735,75	0,37
	5	100							100	1963,50	735,75	0,37
	6	100							100	1963,50	716,13	0,36
	7	100							100	1963,50	490,5	0,25
	8	100							100	1963,50	490,5	0,25
	9	100							100	1963,50	490,5	0,25
	10					100			100	1963,50	500,31	0,25
	11				100				100	1963,50	735,75	0,37
	12			100					100	1963,50	676,89	0,34
Reboco de Traço com Subs. de 80% de RCD.	1				100				100	1963,50	676,89	0,34
	2		100						100	1963,50	559,17	0,28
	3		100						100	1963,50	470,88	0,24
	4		100						100	1963,50	657,27	0,33
	5		100						100	1963,50	470,88	0,24
	6		100						100	1963,50	480,69	0,24
	7					100			100	1963,50	716,13	0,36
	8	100							100	1963,50	706,32	0,36
	9	100							100	1963,50	480,69	0,24
	10		100						100	1963,50	706,32	0,36
	11	100							100	1963,50	480,69	0,24
	12	100							100	1963,50	706,32	0,36

Fonte: NBR 13528.

ANEXO D – Complemento do Ensaio de Aderência à Tração em Revestimento de Reboco com Substituição de Agregado Miúdo por 20, 40 e 80% RCD – Teor de Umidade do Revestimento/Ambiente.

Revestimento Reboco	CP	Umidade (%)				Área (mm²)	Espessura (mm)
		Mi (g)	Mu (g)	Ms (g)	W (%)		
Traço Referência.	1	3,3	71,4	70,9	3,9	1963,5	20
	2	3,3	72,6	72,1	3,8	1963,5	20
	3	3,3	70,9	70,4	3,9	1963,5	20
	TOTAL				3,9		
Traço com Subs. de 20% de RCD.	1	3,3	63,1	55,5	7,7	1963,5	20
	2	3,3	63,5	55,9	7,6	1963,5	20
	3	3,3	63,9	55,3	9,6	1963,5	20
	TOTAL				8,3		
Traço com Subs. de 40% de RCD.	1	3,3	60,6	59,0	2,9	1963,5	20
	2	3,3	61,1	60,0	3,7	1963,5	20
	3	3,3	59,8	58,7	3,7	1963,5	20
	TOTAL				3,4		
Traço com Subs. de 80% de RCD.	1	3,3	69,5	67,8	2,4	1963,5	20
	2	3,3	70,2	68,5	2,3	1963,5	20
	3	3,3	68,9	67,2	2,4	1963,5	20
	TOTAL				2,4		

Fonte: NBR 13528.