

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ESTRUTURAL E CONSTRUÇÃO CIVIL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL:  
ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

TIAGO ALVES MORAIS

**ESTUDO DO USO DO AGREGADO MIÚDO RECICLADO DE CONCRETO NA  
PRODUÇÃO DE ARGAMASSA DE REVESTIMENTO VERTICAL**

FORTALEZA

2011

TIAGO ALVES MORAIS

**ESTUDO DO USO DO AGREGADO MIÚDO RECICLADO DE CONCRETO NA  
PRODUÇÃO DE ARGAMASSA PARA REVESTIMENTO VERTICAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará como parte dos requisitos para obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Eduardo

Bezerra Cabral

FORTALEZA

2011

TIAGO ALVES MORAIS

**ESTUDO DO USO DO AGREGADO MIÚDO RECICLADO DE CONCRETO NA  
PRODUÇÃO DE ARGAMASSA PARA REVESTIMENTO VERTICAL**

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Construção Civil.

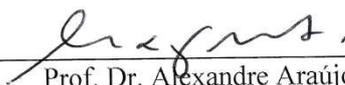
Aprovada em 28 /11/2011.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof.<sup>o</sup> Dr. Antonio Eduardo Bezerra Cabral (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará – UFC



---

Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini  
Universidade Federal do Ceará – UFC



---

Prof.<sup>o</sup> Dr.<sup>a</sup> Mônica Batista Leite  
Universidade Estadual Feira de Santana – UEFS

*Dedico à Deus, aos meus pais, irmãos  
e à minha esposa Kédina.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo que tenho e sou.

Um agradecimento especial ao Professor Antonio Eduardo Bezerra Cabral por sua compreensão, cobrança e ajuda na orientação da pesquisa, de forma dedicada e sempre transmitindo confiança em todos os momentos.

Aos professores e professoras do PEC: Barros Neto, José de Paula Barros Neto, Alexandre Bertini, Evandro Parente Junior e Thaís Alves.

Ao professor Aldo Oliveira, pela colaboração e disponibilidade do laboratório.

Ao meu amigo Otávio Rangel pelo apoio ao longo dos meses de realização desta.

Aos meus amigos José Nilson, Thomaz Sidrim, Francisco Cabral e a todos da Prefeitura Municipal de Aquiraz que me apoiaram durante este trabalho.

Aos funcionários do NUTEC e LMC que me ajudaram e não mediram esforços para me auxiliar nos ensaios realizados.

Ao meu colega e ex-secretário do mestrado Haroldo Lopes Soares Filho por sua ajuda nos momentos difíceis.

Ao meu colega Raimundo Jorge pela ajuda na realização dos ensaios.

Aos meus colegas do mestrado Davi, Ana Paula, Mariana e Larissa pelo companheirismo nas disciplinas.

Ao pedreiro “Cicinho” (*in memoriam*) que me ajudou no início da realização desta pesquisa na construção da alvenaria.

À minha orientadora de pesquisa na graduação, Maria Aridenise, que me incentivou a me inscrever no mestrado.

Ao meu cunhado, abençoado, Márcio por arcar com os trabalhos do escritório.

À minha esposa, Kédina, que tanto me incentivou em todos os momentos.

À minha irmã e colega de turma Geórgia por me apoiar, incentivar e não me deixar desistir e ao meu irmão Geraldo Júnior pelo apoio.

Aos meus queridos pais, Geraldo e Célia, que me ensinaram a acreditar que somos capazes de realizar todos os sonhos, desde que tenhamos fé em Deus e trabalhemos para que tudo se realize e por sempre estarem de prontidão para me ajudar em todos os momentos difíceis.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

A utilização do agregado miúdo gerado a partir da reciclagem do entulho de concreto apresenta vantagens sob o aspecto econômico, uma vez que a areia reciclada tem o custo menor do que a areia natural. Além disso, há um ganho ambiental devido à substituição da areia de rio e/ou de morro pela areia reciclada, resultando uma diminuição dos danos causados pela deposição irregular do entulho, tais como o assoreamento de rios e córregos. Avaliar argamassas de revestimento vertical quando se substitui gradativamente o cimento pela cal hidratada e agregados miúdos naturais por agregados miúdos reciclados de concreto nos teores de 0%, 20%, 50%, 80% e 100%, em massa, nos traços 1:3, 1:4, 1:5, é o objetivo deste trabalho. Foi utilizada a técnica do planejamento de experimentos para minimizar os ensaios e facilitar a análise dos resultados. As argamassas foram utilizadas quando atingiram um índice de consistência entre 260mm e 280 mm, conforme prescritos na NBR 13276 (ABNT, 2005), sendo verificada a perda da trabalhabilidade com o tempo para cada traço. Foram moldados seis corpos-de-prova prismáticos 4cmx4cmx16cm, para cada traço, para os ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão aos 14 e 28 dias de idade, conforme a NBR 13279 (ABNT, 2005). Posteriormente, as argamassas foram aplicadas em paredes, previamente chapiscadas. Já nos revestimentos produzidos foram realizados aos 58 dias de idade os ensaios de resistência de aderência à tração, conforme a NBR 15258 (ABNT, 2010), como também foram avaliados os somatórios dos comprimentos das fissuras. Foram analisadas as variações dos custos das argamassas produzidas em relação às argamassas de referência. Os resultados foram avaliados estatisticamente e tendo sido produzidos modelos matemáticos para cada variável analisada. Os modelos produzidos apontam que os elevados teores de cimento com agregados miúdos reciclados influenciaram positivamente, produzindo argamassas de menor custo e de melhores desempenhos nos ensaios realizados.

**Palavras-chave:** resíduos de concreto, argamassa de revestimento e agregados reciclados.

## ABSTRACT

The utilization of fine recycled aggregate originated from concrete debris recycling presents economic advantages, once recycled fine aggregate has lower costs than natural fine aggregate. Besides, there is an environmental gain due to the replacement of natural fine aggregate by recycled aggregate resulting in a reduction of damage caused by irregular deposition of debris, such as siltation of rivers and streams. Evaluate vertical coating mortars when cement is gradually replaced by lime and natural fine aggregates are replaced by recycled concrete fine aggregates in the content of 0%, 20%, 50%, 80% and 100%, by weight, in mixtures 1:3, 1:4 and 1:5, is the objective of this work. The design of experiments technique was used to minimize testing and to facilitate the analysis of results. Mortars were used when reached a level of consistency between 260mm and 280 mm, as prescribed in the NBR 13276 (ABNT, 2005), being verified the loss of workability with time for each mixture. Six prismatic specimens 4cmx4cmx16cm were casted for each mixture for tensile strength in flexural tests and compressive strength tests at 14 and 28 age days, according to NBR 13279 (ABNT, 2005). Later, mortars were applied to walls, previously spatterdashed. At 58 age days, tensile bond strength tests were performed at the coated wall, according to NBR 15258 (ABNT, 2010), as were also evaluated as the sums of the lengths of the cracks. Costs variations between produced mortars and reference mortars were also analyzed. Results were statistically analyzed and mathematical models have been produced for each variable analyzed. Produced models indicate that high levels of cement with recycled aggregates influenced positively, producing mortars with lower cost and better performance in the tests.

Keywords: waste concrete, mortar coating and recycled aggregates.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Usinas de reciclagem de RCD classe A inauguradas de 1991 a 2008 (MIRANDA et al., 2009).....	24
Figura 2– Relação entre produção de agregados e RCD gerado no Brasil (MIRANDA et. al., 2009).....	24
Figura 3 – Resíduos de concreto a serem britados. ....	39
Figura 4– Britador de mandíbulas. ....	39
Figura 5 - Agregados miúdos: (a) Natural; (b) Reciclado de concreto. ....	40
Figura 6 – Sobreposição das curvas granulométricas.....	41
Figura 7 – Parede de alvenaria 10m de comprimento por 1,60m de altura sem chapisco. .	42
Figura 8 – Parede chapiscada. ....	42
Figura 9 - Projeto composto contendo projeto fatorial fracionado, os vértices da estrela e os pontos centrais. ....	44
Figura 11 – Armazenamento de corpos-de-prova. ....	48
Figura 10 – Diagrama dos ensaios realizados. ....	48
Figura 12 – Ensaio de resistência à tração na flexão.....	50
Figura 13 – Ensaio de resistência à aderência à tração.....	51
Figura 14 - Efeitos isolados para o teor de cimento em relação à redução do espalhamento após cinco minutos iniciais.....	56
Figura 15 - Efeito isolado do teor de cimento para resistência à tração na flexão aos 14 dias de idade.....	60
Figura 16 - Efeito isolado para a interação do teor de cimento com o teor de AMR para a resistência à tração na flexão aos 14 dias de idade.....	60
Figura 17 – Efeito isolado para o teor de cimento na interação com o traço para a resistência à tração na flexão aos 14 dias de idade.....	61
Figura 18- Efeito isolado para o teor de cimento para a resistência à tração na flexão aos 28 dias.....	64
Figura 19 - Efeito isolado para a interação do teor de cimento com o teor de AMR para a resistência à tração na flexão aos 28 dias de idade.....	65
Figura 20 - Efeito isolado para o teor de cimento na interação com o traço em relação à resistência à tração na flexão aos 28 dias de idade.....	66
Figura 21 - Efeitos isolados para os teores de cimento e AMR em relação à resistência à compressão aos 14 dias de idade. ....	68
Figura 22 - Efeito isolado para o traço em relação à resistência à compressão aos 14 dias de idade. ....	69

Figura 23- Efeito isolado para a interação do teor de cimento com o teor de AMR em relação à resistência à compressão aos 14 dias de idade. ....	69
Figura 24 - Efeito isolado para o teor de AMR na interação com o traço em relação à resistência à compressão aos 14 dias de idade. ....	70
Figura 25 - Efeito isolado para os teor de cimento em relação a resistência à compressão aos 28 dias de idade. ....	73
Figura 26 - Efeito isolado para o traço em relação à resistência à compressão aos 28 dias de idade. ....	73
Figura 27 - Efeito isolado para a interação do teor de cimento com o teor de AMR em relação à resistência à compressão aos 28 dias de idade. ....	74
Figura 28 - Efeito isolado para a interação do teor de cimento com o traço em relação à resistência à compressão aos 28 dias de idade. ....	75
Figura 29- Efeito isolado para o teor de AMR na interação com o traço em relação à resistência à compressão aos 28 dias de idade. ....	76
Figura 30 - Efeitos isolados para os teores de cimento e AMR em relação à resistência à aderência à tração aos 58 dias de idade. ....	78
Figura 31 - Efeitos isolados para o traço em relação à resistência à aderência à tração aos 58 dias de idade. ....	79
Figura 32 - Efeitos isolados para a interação dos teores de cimento e AMR em relação à resistência à aderência à tração aos 58 dias de idade. ....	80
Figura 33 - Efeitos isolados para o teor de cimento em relação ao somatório dos comprimentos das fissuras aos 58 dias ....	82
Figura 34 - Efeitos isolados para os teores de cimento e agregado miúdo reciclado em relação ao módulo da variação dos custos das argamassas produzidas.....	85
Figura 35 - Efeito isolado para o traço em relação ao módulo da variação dos custos das argamassas produzidas. ....	86

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação do agregado miúdo (SELMO,1989).....	27
Tabela 2 – Espessuras admissíveis conforme NBR 13749 (ABNT, 1996).....	30
Tabela 3 – Características físicas e composição química do cimento Portland utilizado. ..	38
Tabela 4 – Características físicas e composição química da cal hidratada utilizada.....	38
Tabela 5 – Valores encontrados de acordo com as normas específicas. ....	40
Tabela 6 – Enumeração dos traços com referência aos percentuais de substituição dos aglomerantes e agregados miúdos.. ..	45
Tabela 7 – Tipos de variáveis independentes e das variáveis de resposta utilizadas nos modelos.....	49
Tabela 8 – Custos dos insumos utilizados nas argamassas produzidas.....	52
Tabela 9 – Simbologia utilizada nos resultados e discussões.....	53
Tabela 10 – Determinação do índice de consistência médio e o percentual de perda da trabalhabilidade das argamassas produzidas. ....	54
Tabela 11 – ANOVA para a redução do espalhamento após 5 minutos. ....	55
Tabela 12 – ANOVA do modelo para a redução do espalhamento após 5 minutos. ....	55
Tabela 13 – ANOVA para a redução do espalhamento após 10 minutos. ....	56
Tabela 14 – Resultados médios dos ensaios.....	57
Tabela 15 – ANOVA para a resistência à tração na flexão aos 14 dias de idade.....	58
Tabela 16– ANOVA do modelo para a resistência à tração na flexão aos 14 dias de idade. ....	59
Tabela 17 – ANOVA para a resistência à tração na flexão aos 28 dias de idade.....	62
Tabela 18– ANOVA do modelo para a resistência à tração na flexão aos 28 dias de idade. ....	63
Tabela 19– ANOVA para a resistência à compressão aos 14 dias de idade. ....	67
Tabela 20 – ANOVA do modelo para a resistência à compressão aos 14 dias de idade. ...	67
Tabela 21 – ANOVA para a resistência à compressão aos 28 dias de idade. ....	71
Tabela 22– ANOVA do modelo para a resistência à compressão aos 28 dias de idade. ....	72
Tabela 23 – ANOVA para a resistência à aderência à tração aos 58 dias de idade. ....	77
Tabela 24 – ANOVA do modelo para a resistência à aderência à tração aos 58 dias de idade. ....	78
Tabela 25 – Resultados dos somatórios dos comprimentos linear das fissuras para cada argamassa produzida.....	81
Tabela 26 – ANOVA para o somatório dos comprimentos das fissuras aos 58 dias. ....	81
Tabela 27– ANOVA do modelo para a avaliação da fissuração aos 58 dias. ....	82

Tabela 28 – Custos das argamassas produzidas. ....	83
Tabela 29 – ANOVA para o módulo da variação dos custos das argamassas produzidas..	84
Tabela 30 – ANOVA do modelo para o módulo da variação dos custos das argamassas produzidas.....	84

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>vi</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>1 – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 Justificativa.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2 Objetivos.....</b>	<b>17</b>
1.2.1 Objetivo geral.....	17
1.2.2 Objetivos específicos.....	18
<b>1.3 Estrutura da Dissertação.....</b>	<b>18</b>
<b>2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1 Resíduos de Construção e Demolição (RCD).....</b>	<b>20</b>
2.1.1 Definição e classificação dos resíduos de construção e de demolição (RCD).....	20
2.1.2 Geração e origem dos resíduos de construção e de demolição (RCD).....	21
2.1.3 Destinação dos resíduos sólidos da Construção Civil.....	23
<b>2.2 Argamassa e de revestimento.....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.1 Conceito de argamassa e de revestimento.....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.2 Materiais constituintes da argamassa.....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.3 Tipos e camadas das argamassas de revestimento.....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.4 Propriedade das argamassas.....</b>	<b>30</b>
<b>2.6 Argamassas com agregados reciclados de RCD.....</b>	<b>35</b>
<b>3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>37</b>
<b>3.1 Materiais.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2 Método de pesquisa.....</b>	<b>43</b>
3.2.1 Projeto de Experimentos.....	43
3.2.2 Compensação das massas para os traços das argamassas.....	45
<b>3.3 Preparo das argamassas dos revestimentos.....</b>	<b>46</b>
<b>3.4 Moldagem dos corpos-de-prova.....</b>	<b>47</b>
<b>3.5 Ensaios.....</b>	<b>48</b>
<b>3.5.1 Ensaios nas argamassas no estado fresco.....</b>	<b>50</b>
<b>3.5.2 Ensaios nas argamassas no estado endurecido.....</b>	<b>50</b>
<b>3.6 Avaliação da estimativa de custos.....</b>	<b>51</b>

<b>4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>53</b>
<b>4.1. Resultados dos ensaios das argamassas no estado fresco.....</b>	<b>54</b>
4.1.1 Determinação da perda de trabalhabilidade com o tempo.....	54
<b>4.2 Ensaios no estado endurecido.....</b>	<b>57</b>
4.2.1. Resistência à tração na flexão.....	58
4.2.1.1. Resistência à tração na flexão aos 14 dias de idade .....	58
4.2.1.2. Resistência à tração na flexão aos 28 dias de idade .....	62
4.2.2 Resistência à compressão .....	66
4.2.2.1 Resistência à compressão aos 14 dias de idade .....	66
4.2.2.2 Resistência à compressão aos 28 dias de idade .....	71
4.2.3 Resistência à aderência à tração aos 58 dias de idade .....	77
<b>4.3 Avaliação da fissuração.....</b>	<b>80</b>
<b>4.4 Avaliação de custos das argamassas produzidas .....</b>	<b>83</b>
<b>5 - CONCLUSÕES .....</b>	<b>87</b>
<b>6 - SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>90</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>91</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>105</b>
APÊNDICE A – EXEMPLO DA COMPESANÇÃO EM MASSA DAS ARGAMASSAS PRODUZIDAS .....	106
APÊNDICE B – TRAÇOS DAS ARGAMASSAS PRODUZIDAS .....	109
APÊNDICE C - RESULTADOS DO ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA ABNT NBR 13276 (2005) .....	110
APÊNDICE D - RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO AOS 14 E 28 DIAS DE IDADE, NBR 13279 (ABNT, 2005).....	111
APÊNDICE E - RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 14 DIAS DE IDADE, NBR 13279 (ABNT, 2005) .....	113
APÊNDICE F - RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 28 DIAS DE IDADE, NBR 13279 (ABNT, 2005). .....	117
APÊNDICE G - RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À ADERÊNCIA À TRAÇÃO, NBR 15258 (ABNT, 2010).....	121
APÊNDICE H - RESULTADOS DOS SOMATÓRIOS DOS COMPRIMENTOS DAS FISSURAS NOS REVESTIMENTOS.....	125
APÊNDICE I - RESULTADOS DAS INTERAÇÕES PARA OS EFEITOS ISOLADOS PARA A RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO AOS 14 DIAS DE IDADE .....	126
APÊNDICE J - RESULTADOS DAS INTERAÇÕES PARA OS EFEITOS ISOLADOS PARA A RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO AOS 28 DIAS DE IDADE .....	127
APÊNDICE K - RESULTADOS DAS INTERAÇÕES PARA OS EFEITOS ISOLADOS PARA A RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 14 DIAS DE IDADE....	128

APÊNDICE L - RESULTADOS DAS INTERAÇÕES PARA OS EFEITOS ISOLADOS PARA A RESISTENCIA À COMPRESSÃO AOS 28 DIAS DE IDADE....	129
APÊNDICE M - RESULTADOS DAS INTERAÇÕES PARA OS EFEITOS ISOLADOS PARA A RESISTENCIA À ADERÊNCIA À TRAÇÃO AOS 58 DIAS DE IDADE.....	130
<b>ANEXOS.....</b>	<b>132</b>
ANEXO A – COMPOSIÇÕES DE CUSTOS SECRETÁRIA DE INFRA ESTRUTURA DO ESTADO DO CEARÁ-SEINFRA .....	133

## 1 – INTRODUÇÃO

### 1.1 Justificativa

A conscientização a respeito dos problemas ambientais enfrentados no mundo moderno conduz a procura de produtos e serviços que motivem a existência de processos industriais voltados para um consumo limpo dos recursos naturais. Assim, é preciso se adequar a um modelo de desenvolvimento sustentável capaz de satisfazer as necessidades atuais sem comprometer as necessidades futuras (GAEDE, 2008).

A construção civil é um dos setores que provoca maior impacto ambiental, devido ao elevado consumo de matéria-prima (SILVA, 2006). Segundo o mesmo autor os recursos de agregados para a construção civil no Brasil são abundantes e localizados próximos aos grandes centros consumidores, com grandes reservas e de boa qualidade.

Com o aumento populacional no mundo e o grande desenvolvimento tecnológico nos últimos anos, há uma constante degradação dos recursos naturais, seja em busca de matéria-prima para fabricação de produtos manufaturados ou industriais, ou em busca de espaço físico para prover moradia e toda a infraestrutura necessária para habitá-la dignamente (vias de acesso, alternativas para se dispor de água e suprimir de maneira adequada os resíduos sólidos e líquidos, dentre outros) ou ainda substituindo áreas de vegetação natural por terras cultiváveis (CABRAL, 2007; MENEZES et al., 2009).

O processo de urbanização pelo qual vem passando o Brasil a partir da década de 1950, com o conseqüente adensamento dos centros urbanos, tem feito com que muitas cidades brasileiras, em especial aquelas que crescem de forma acelerada, sofram graves problemas ambientais, sociais e sanitários (SANTOS, 2008).

Nesse contexto, tem-se a problemática dos resíduos sólidos, que vêm tomando proporções alarmantes nos últimos anos, uma vez que os mesmos, além de serem gerados em grandes quantidades, muitas vezes, são depositados em locais inadequados, em virtude da escassez de grandes espaços, dentro da área urbana, destinados à disposição final desses resíduos (BARKOKÉBAS Jr. et al., 2002).

Para o setor de construção civil, segundo Pontes (2007), não é diferente, apesar de seus reconhecidos impactos socioeconômicos positivos para o país, como a alta geração de empregos, renda, viabilização de moradias, infraestrutura, estradas e outros. A construção civil ainda se comporta como grande geradora de impactos ambientais, quer

seja pelo consumo de recursos naturais, ou pela modificação da paisagem e em especial pela geração de resíduos.

Todos esses resíduos gerados e os agravos decorrentes de sua destinação inadequada são enormes prejuízos econômicos que geram incalculáveis danos para o meio ambiente e para a sociedade, que perde em sua qualidade de vida tendo, inclusive, que conviver com uma paisagem agredida pela presença de restos de construções e demolições. “O descarte irregular além de ser um dano ao meio ambiente e à segurança e saúde pública, contaminando o solo, as águas e proliferando vetores, agride sobremaneira a paisagem da cidade” (FERNANDES et al., 2010).

Consideram-se resíduos de construção e demolição (RCD) todo e qualquer resíduo oriundo das atividades de construção e demolição, seja ele de novas construções, reformas, demolições que envolvam atividades de obras de arte e/ou pavimentação, (BUTTLER, 2003; MAYORGA et al., 2009; MENEZES et al., 2009; FERNANDES et al., 2010). Em algumas situações, o problema é a falta de controle para a reciclagem, e de uma legislação mais rigorosa que puna os responsáveis pela deposição dos resíduos na natureza. A falta de conscientização da população com relação a essa questão também agrava o problema, uma vez que a solução não depende apenas de ações unilaterais (BUTTLER, 2003).

A destinação dos resíduos de construção e demolição não é o único problema ambiental da construção civil. A exploração de matérias-primas também causa grandes impactos ambientais (RONALDO Jr. et al., 2009; MAYORGA et al., 2009). A disposição dos RCD não pode ser realizada em aterros sanitários, mas somente, em aterros especiais (CONAMA, 2002).

A geração de resíduos em processos de construção é praticamente inevitável. Quando não há um controle apropriado para o reaproveitamento ou reciclagem de um resíduo, certamente esse material poderá ser depositado na natureza e poderá ocasionar inúmeros problemas para o meio ambiente (MARQUES NETO, 2005).

Segundo John e Agopyan (2000), existem três fases de geração de resíduos na construção: durante a fase de construção, na manutenção e reformas; e na demolição de edifícios. Parte dessas perdas permanece incorporada nas construções, na forma de componentes cujas dimensões finais são superiores àquelas projetadas (MENEZES et al., 2009), que embora não geram resíduos, são indesejáveis. Este é o caso das argamassas de revestimentos e dos concretos, por exemplo. A outra parcela se converte em resíduos de construção. A proporção entre as duas não é conhecida em detalhes, mas Pinto (1999)

estipulou que 50% das perdas são convertidas em resíduos de construção e demolição (RCD).

Segundo Ribeiro (2011), o Brasil gera 50,3 milhões de toneladas por ano de RCD. Em relação à quantidade de materiais, Souza (2005) estima que em um metro quadrado de construção de um edifício são gastos em torno de uma tonelada de materiais, demandando grandes quantidades de cimento, areia, brita, entre outros. Nos últimos anos, vêm sendo realizados levantamentos para definir a quantidade de resíduos gerados pela construção civil no Brasil. Ainda são gerados resíduos devido às perdas ou aos desperdícios neste processo. Alguns levantamentos em canteiros de obra em Brasília-DF estimaram uma média de geração de entulho de 0,12 toneladas por metro quadrado (SOUZA, 2005).

Atualmente o uso de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição está apresentando grande potencial em aplicação na construção civil como alternativa na substituição de agregados naturais.

A reciclagem do RCD e sua reutilização na própria construção civil como matéria-prima alternativa a cada dia ganha força entre os pesquisadores do assunto. Os resíduos de concreto possuem um grande potencial para serem reutilizados como matéria-prima; pois tais resíduos oriundos do RCD apresentam vantagens econômicas e ambientais significativas em relação aos demais resíduos devido ao conhecimento das propriedades do material de origem (BUTTLER, 2003; CORINALDESI e MORICONE, 2009).

Trabalhos vêm sendo desenvolvidos visando a substituição parcial da areia natural por agregado miúdo reciclado proveniente da reciclagem dos resíduos da construção e de demolição, incluindo materiais cerâmicos na produção de argamassas (BARAVESCO, 2001; SILVA, 2006; SINGH e SHARMA, 2007; ASSUNÇÃO et al , 2007; LINTZ et al , 2007). Visando a diminuição dos impactos ambientais da exploração de minerais para a construção civil, existem estudos para a substituição da areia por materiais alternativos que não causem impactos ambientais (SILVA et al., 2005; CABRAL, 2007; MARIANO, 2008).

Com base nestas vantagens e adotando políticas sustentáveis de redução do consumo de recursos naturais e não renováveis, tem sido incentivado o aproveitamento destes resíduos como insumos da construção buscando cada vez mais substituir os materiais tradicionais por materiais alternativos com menor preço (JOHN, 1996; ROCHA E JOHN, 2003). Os materiais reciclados podem ser utilizados como agregados miúdos em concreto não estrutural, na fabricação de pré-moldados: blocos de concreto de vedação e

briquetes para tráfego leve, argamassa de assentamento, sub-base para pavimentação, agregados para pré-moldados de guia, sarjeta, tubos de concreto, placas e como agregados ensacados para contenção de talude e canalização de córregos (ÂNGULO et al., 2006; BUTTLER, 2003; MARIANO, 2008). Já segundo os autores Bavaresco (2001) e Silva (2006), estes materiais podem ser utilizados na fabricação de argamassas de revestimento. Ambos os autores dizem que para tais utilizações o material deve estar isento de contaminantes e impurezas, devendo ser observadas as características quanto ao seu uso específico.

Os resultados obtidos por Pinto (1993) e confirmados por Bavaresco (2001), mostram que a argamassas com agregado reciclado apresentam desempenho similar às argamassas com agregados convencionais e, em alguns casos, até mesmo superiores. Ainda segundo os autores, existem resultados positivos que, justificam os investimentos em reciclagem, realizados por vários países. Sendo assim, o entulho pode gerar agregados miúdos com custo de 83% inferior ao preço médio dos agregados miúdos convencionais, (PINTO, 1993). Atualmente em Fortaleza, este custo é em torno de 22,85% inferior, esta diferença se deve ao fato de se existir apenas uma usina de reciclagem deste tipo de material na cidade (autor, 2011).

Carência de estudos nacionais, identificando os comportamentos e os custos das argamassas de revestimento produzidas com a substituição total e/ou parcial dos agregados miúdos reciclados de concreto por naturais e do cimento pela cal hidratada em traços usualmente utilizados. Sendo assim, esta pesquisa visa contribuir para que os resíduos de concreto se tornem um material alternativo, destinado à produção de argamassas de revestimento externo, com potencial de substituição dos agregados miúdos naturais.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Avaliar argamassas de revestimento vertical, em substrato de blocos cerâmicos, quando se substitui gradativamente cimento por cal e agregados miúdos naturais por agregados miúdos reciclados de concreto.

### 1.2.2 Objetivos específicos

De forma mais particular o presente trabalho tem os seguintes objetivos específicos:

- a) Avaliar o teor de água necessário para que as argamassas atinjam consistência adequada para aplicação como revestimentos com diferentes teores de aglomerantes e agregados miúdos;
- b) Determinar a perda da trabalhabilidade no tempo das argamassas com diferentes teores de aglomerantes e agregados miúdos;
- c) Avaliar a resistência mecânica, das argamassas com diferentes de aglomerantes e agregados miúdos, investigando a resistência à tração na flexão e à compressão aos 14 e 28 dias de idade e a resistência de aderência aos 58 dias de idade.
- d) Avaliar o somatório das fissuras das argamassas produzidas com diferentes teores de aglomerantes e agregados miúdos aos 58 dias de idade.
- e) Avaliar os custos das argamassas produzidas.

### 1.3 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos, conforme descritos a seguir:

No Capítulo 1, abordam-se as considerações iniciais sobre os Resíduos de Construção e Demolição (RCD), a identificação do problema que envolve a pesquisa e os objetivos que regem a mesma.

O Capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica sobre três temas: Resíduos de Construção e Demolição, abordando sobre sua definição e classificação, dados da geração no Brasil e no mundo e a destinação dos resíduos sólidos de construção civil; sobre os conceitos de argamassa e de revestimento; apresenta os materiais constituintes das argamassas e suas propriedades e sobre estudos em argamassas de revestimento com agregado reciclado de RCD.

O Capítulo 3 trata dos materiais e métodos utilizados na pesquisa, verificando o campo de atuação do trabalho, a natureza da pesquisa, listando os ensaios realizados, a avaliação da fissuração e a avaliação da estimativa de custos.

O Capítulo 4 apresenta os resultados obtidos na pesquisa e a sua discussão.

O Capítulo 5 apresenta as considerações finais encontradas na pesquisa para o emprego em obras de engenharia e as sugestões para trabalhos futuros.

O Capítulo 6 apresenta sugestões para trabalhos futuros.

Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas.

## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Resíduos de Construção e Demolição (RCD)

#### 2.1.1 Definição e classificação dos resíduos de construção e de demolição (RCD)

Conforme a Resolução 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), *“resíduos da construção civil são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha”*.

Vale salientar que a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da NBR 10004 (ABNT, 2004), classifica os diversos tipos de resíduos sólidos segundo os riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, visando o manuseio e destinação final dos resíduos sólidos. Para a NBR 10004, os RCD podem ser classificados, na Classe II B – Não perigosos - Inertes – e os definem como sendo *“Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.”*.

Considerando a necessidade de redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção civil aliados à viabilidade técnica e econômica de produção e uso destes materiais reciclados, foi estabelecido através da resolução 307 (CONAMA, 2002), em vigor desde janeiro de 2002, atualizada em 2004 e 2011, os Resíduos de Construção Civil são identificados e classificados, da seguinte forma:

I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras

de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;

b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;

III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;

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

### 2.1.2 Geração e origem dos resíduos de construção e de demolição (RCD)

De acordo com Souza et al. (2004), *“o interesse em conhecer a quantidade de resíduos gerados pela indústria da construção civil já não é novidade, mas muitas vezes o assunto está inserido na discussão sobre a redução de desperdícios. A primeira referência nacional em relação ao mencionado, que suscitou uma discussão mais ampla sobre o assunto, foi o trabalho concluído em 1986, pelo arquiteto Tarcísio de Paula Pinto, cuja pesquisa se preocupou em estudar o uso do material reciclado para produção de argamassas. No Brasil, até 2002, não existiam leis e resoluções para os resíduos gerados pelo setor da construção civil”*.

Segundo Marques Neto (2005), a grande quantidade de geração dos RCD está diretamente ligada ao grande desperdício de materiais de construção que é produzido na realização dos empreendimentos da indústria da construção civil. O autor ainda conclui que há uma necessidade urgente de políticas públicas visando o controle da coleta, transporte e disposição final dos resíduos.

A produção de grandes volumes de materiais de construção e as atividades de canteiro de obras de construção, manutenção e demolição: são responsáveis por cerca de 20% a 30% dos resíduos gerados no país (SANTOS, 2008).

Políticas públicas vigentes em outros países induzem à reciclagem dos RCD. Na Europa, a média de reciclagem dos RCD é de 28% e vem crescendo aceleradamente. Nos Países Baixos, esta é bem mais alta: em 2000, foram reciclados 90% dos resíduos da construção, que corresponde a 16,5 milhões de toneladas (SANTOS, 2007).

A geração de resíduos também é influenciada pela forma como se constroem as edificações e como se faz a gestão dos resíduos de construção e demolição (OLIVEIRA et al., 2008). Estima-se que no Brasil sejam gerados 68,5 milhões de toneladas por ano de RCD, sendo a sua disposição irregular responsável por custos ambientais e socioeconômicos. (PINTO, 1999. JOHN, 2000; SCHNEIDER, 2002). Para Mayorga et al. (2009), o Município de Fortaleza, devido às suas características de desenvolvimento urbano, apresenta uma grande geração de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) que precisam ser adequadamente gerenciados. De acordo com LIMA et al. (2007), o município de Fortaleza gera em torno de 1.275,41 toneladas por dia de RCD.

Essa grande massa de resíduos, quando mal gerenciada, degrada a qualidade da vida urbana, sobrecarrega os serviços municipais de limpeza pública e reforça no país a desigualdade social, uma vez que escassos recursos públicos são continuamente drenados para pagar a conta da coleta, transporte e disposição de resíduos depositados irregularmente em áreas públicas, conta essa que, na realidade, é de responsabilidade dos geradores (CIBIC, 2011). O conhecimento das fontes e dos tipos de resíduos sólidos, por meio de dados da sua composição, é o instrumento básico para o gerenciamento dos mesmos (SANTOS, 2007; MENEZES et. al., 2009).

De acordo com estudos de Singh e Sharma (2007), as principais razões para o elevado volume de concreto de demolição e de resíduos de alvenaria e de argamassa, são os seguintes:

- a) muitos edifícios antigos, pavimentos de concreto, pontes e outras estruturas devido a ter superado a sua vida útil, encontram-se em estado de deterioração estrutural além de necessitar de reparos, ou precisam ser demolidos;
- b) as estruturas, mesmo adequadas para o uso podem ser demolidas, porque elas não estão servindo às necessidades no cenário atual;
- c) novas construções são executadas;

- d) estruturas são transformadas em escombros resultantes de catástrofes naturais como terremotos, ciclones e inundações;
- e) geração de resíduos resultantes de desastres provocados pelo homem e/ou pelas guerras, dentre outras.

Contudo, verificando as definições e suas classificações normativas, e tendo em vista a geração e origem dos resíduos de construção e demolição a diversos ganhos econômicos e ambientais, desde que haja uma destinação adequada para os resíduos sólidos da construção civil.

### 2.1.3 Destinação dos resíduos sólidos da Construção Civil

Tendo em vista o cenário atual, a deposição dos RCD, tanto no Brasil como em países de economia desenvolvida, está intrinsecamente ligada à ilegalidade. É comum deparar-se com grandes quantidades de resíduos depositados de maneira irregular por ruas de cidades de pequeno à grande porte. O transporte destes para locais inapropriados implica em impactos ambientais e sociais, além de todo o custo associado (ULSEN, 2006).

O depósito irregular dos resíduos da construção civil é um problema que aflige as autoridades e atinge as populações não somente no Brasil, mas também em outros países do mundo (CABRAL, 2007).

Em 2002, foi homologada a resolução CONAMA nº 307, definindo que grandes geradores públicos e privados são obrigados a desenvolver e a implantar um plano de gestão de RCD, visando a sua reutilização, reciclagem ou outra destinação ambientalmente correta. Com isso, a reciclagem ganhou uma força extra e iniciaram-se as implantações de planos de gerenciamento de RCD (MIRANDA et al., 2009).

A Figura 1 apresenta o número de usinas de reciclagem do RCD classe A no país até o ano de 2008. Em 2002, o país contava com 16 usinas, possuindo uma taxa de crescimento mais reduzida (até três usinas inauguradas por ano). Após a publicação da resolução CONAMA 307, essa taxa de crescimento aumentou (de três a nove usinas instaladas por ano). Até o ano de 2008 o Brasil, já possuía pelo menos 47 usinas de reciclagem, sendo 24 públicas (51% do total) e 23 privadas (49% restante) (MIRANDA et

al., 2009). Ainda segundo os mesmos autores, das 36 usinas que estão em operação ou em instalação, 15 (42%) são públicas e 21 (58%) são privadas.

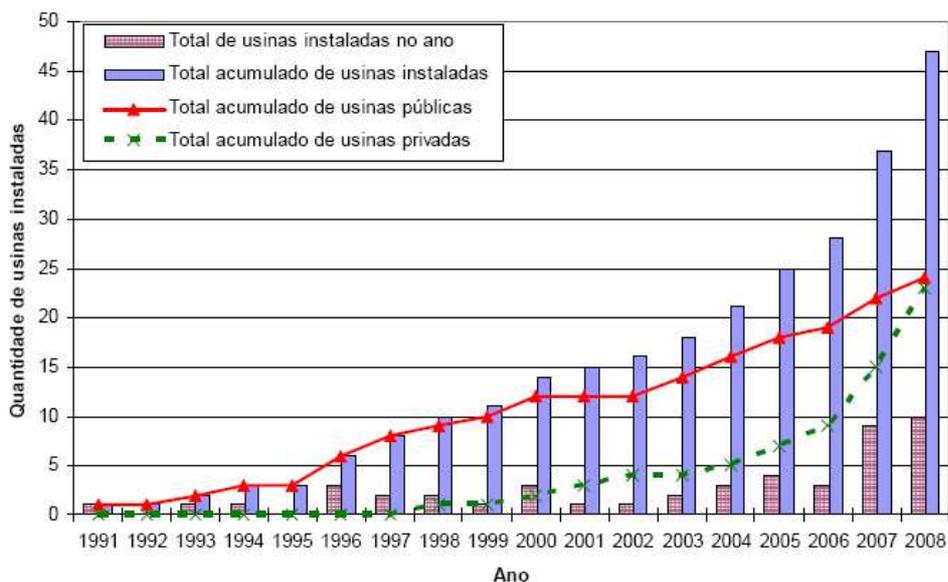
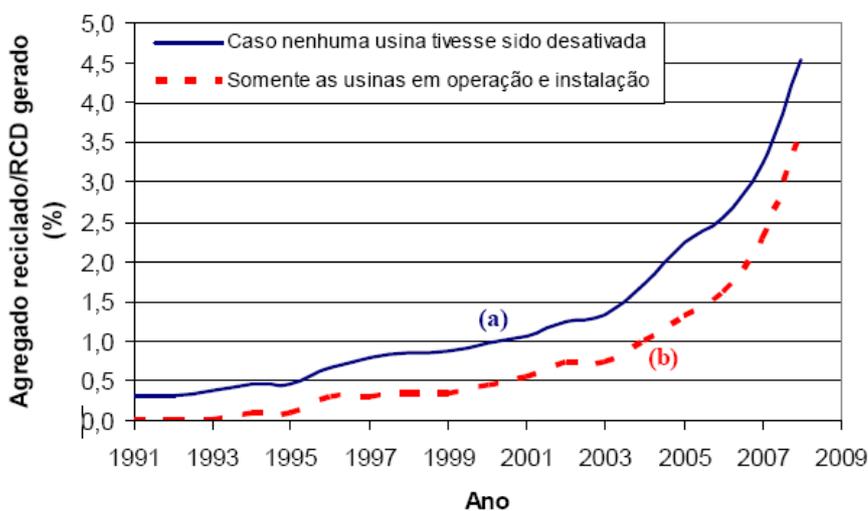


Figura 1 - Usinas de reciclagem de RCD classe A inauguradas de 1991 a 2008 (MIRANDA et al., 2009).

Conforme a Figura 2, apesar da quantidade de usinas ter aumentado após a resolução CONAMA 307, a capacidade brasileira potencial de produção de agregados reciclados está bastante abaixo da geração de RCD em todo o país. Há uma estimativa de que somente 3,6% do RCD gerado no país estão sendo reciclados. Esse valor poderia chegar a 4,5% caso nenhuma usina instalada tivesse sido desativada. Isso mostra que ainda é necessário instalar muitas usinas para que a reciclagem no país se torne expressiva. (MIRANDA et al., 2009).



Obs.: A linha (b) considera as usinas em instalação e operação até novembro de 2008.

Figura 2- Relação entre produção de agregados e RCD gerado no Brasil (MIRANDA et al., 2009).

Em 2004 foram publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, cinco normas relativas aos RCD:

- NBR 15112 - Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15113 - Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15114 - Resíduos sólidos da Construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15115 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos;
- NBR 15116 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.

A norma NBR 15116 (ABNT, 2004) classifica os agregados em dois tipos:

- (a) agregado reciclado de concreto (ARC), cujo teor de fragmentos à base de cimento e rochas é maior que 90% em massa;
- (b) agregado reciclado misto (ARM), cujo teor de fragmentos à base de cimento e rochas é menor que 90% em massa. Essa classificação, na prática, é simples: basta na usina controlar visualmente os RCD que chegam e armazenar separadamente aqueles predominantemente originados de concreto daqueles com presença de materiais cerâmicos ou outros materiais.

Segundo Rakshvir e Barai (2006), a utilização de agregados reciclados de RCD proporciona diversas vantagens tais como: a redução da extração de matérias-primas, redução de custos de transporte, melhora nos lucros, redução de impactos ambientais, entre outros.

Portanto, há potencialidade na reciclagem dos RCD transformando-os em agregados reciclados que podem ser utilizados como insumos em diversas aplicações na construção civil, tal como em argamassas de revestimento.

## **2.2 Argamassa e de revestimento**

### **2.2.1 Conceito de argamassa e de revestimento**

Argamassas são materiais de construção obtidos a partir da mistura, de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo geralmente com um tamanho de grão inferior a 4,8mm e água, podendo conter ainda aditivos e adições minerais (CARASEK, 2007).

Sua denominação também é função do tipo do aglomerante utilizado. Assim, tem-se argamassa de cal (com cal hidratada ou cal virgem), de gesso, de cimento, ou mista de cal e cimento (CARASEK, 2007).

As argamassas são materiais muito empregados na construção civil, sendo os seus principais usos nos assentamentos de alvenarias e nas etapas de revestimentos, como emboço, reboco ou revestimento de camada única de paredes e tetos, além de contrapisos para a regularização de pisos e ainda no assentamento e rejuntamento de revestimentos de cerâmica e pedra (CARASEK, 2007; EMO, 2011).

Sabbatini (2003) define revestimento como sendo o conjunto de camadas que recobrem as vedações de um edifício, tendo as funções de: protegê-las contra a ação de agentes de deterioração; complementar as funções de vedação e, se constituir no acabamento final exercendo funções estéticas, de valorização econômica e outras. Já segundo Maciel et al. (1998) e EMO (2011), os revestimentos de argamassas apresentam importantes funções que são: auxiliar as vedações no cumprimento das suas funções como o isolamento termo acústico e a estanqueidade à água; regularizar a superfície dos elementos de vedação, servindo de base regular e adequada ao recebimento de outros revestimentos e/ou acabamentos finais; proteger os elementos de vedação das edificações da ação direta dos agentes agressivos; e contribuir para a apresentação diferenciada das fachadas, entre outras.

### **2.2.2 Materiais constituintes da argamassa**

O cimento Portland é o principal responsável pela resistência mecânica das argamassas. Entretanto, para as argamassas de revestimento, não há necessidade de elevada resistência mecânica, principalmente por este fato levar à redução da capacidade de

deformação, da resistência ao impacto e até mesmo da capacidade de aderência à tração (TRISTÃO, 1995).

Outro aglomerante utilizado nas argamassas é a cal hidratada. A cal hidratada, segundo a NBR 7175 (ABNT, 2003), “é um pó seco obtido pela hidratação adequada da cal virgem, constituída essencialmente de hidróxido de cálcio ou de uma mistura de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésios, ou ainda, de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio”.

A utilização da cal hidratada é muita difundida, principalmente em argamassas para assentamento de tijolos e revestimentos de paredes, devido a algumas características da cal, como as relativas a trabalhabilidade e durabilidade das argamassas (GUIMARÃES, 2002).

Para este último autor, o uso da cal como aglomerante nas argamassas forma com a água e os inertes que a incorporam, uma mistura pastosa que penetra nas reentrâncias e vazios dos blocos construtivos, cimentados, principalmente pela recristalização dos hidróxidos e de sua reação química com anidrido carbônico do ar.

Segundo Rago e Cincotto (1999), uma propriedade importante no estado fresco da argamassa de cal é a retenção de água, por não permitir a sucção excessiva de água pela base.

Outro constituinte das argamassas são os agregados que, segundo prescrito na NBR 7211 (ABNT, 2009), podem ser definidos como sendo uma areia de origem natural ou resultante do britamento de rochas estáveis, ou a mistura de ambas.

Um aspecto importante para a classificação dos agregados miúdos é o módulo de finura que pode ser definido conforme a NBR NM 248 (ABNT, 2003), como sendo a soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100. A Tabela 1 apresenta de acordo com SELMO (1989), os intervalos adotados para o módulo de finura (MF) para classificação das areias.

Tabela 1 - Classificação do agregado miúdo (SELMO,1989).

<b>Módulo de Finura (MF)</b>	<b>Tipo de Areia</b>
MF < 2,0	Muito fina
2,0 < MF < 3,0	Média
MF > 3,0	Grossa

Por sua vez, as argamassas podem possuir adições, que segundo a NBR 13529 (ABNT, 1995), são materiais inorgânicos naturais ou industriais finamente divididos, adicionados às argamassas para modificar as suas propriedades e cuja quantidade é levada em consideração no proporcionamento.

As adições mais comuns presentes nas argamassas são as pozolanas (materiais provenientes de rochas vulcânicas, resíduos de termoelétricas e outros que apresentem atividade pozolânica), o pó calcário, também conhecido como fíler (material finamente dividido constituído essencialmente de calcário ou dolomitos) e os pigmentos que apenas conferem à argamassa coloração, mas não interferem em resistência mecânica e se diferenciam entre si pelos tipos: orgânicos e inorgânicos (CARVALHO Jr, 2005).

Já os aditivos são produtos químicos que se adicionam ao traço das argamassas com a finalidade de melhorar suas características relativas à plasticidade, tempo de utilização, resistência mecânica, impermeabilidade, aparência e durabilidade.

Para Bauer (2003), os principais aditivos empregados nas argamassas são:

- Adesivos, que proporcionam aderência química com o substrato;
- Hidrofugantes, que reduzem a absorção de água da argamassa depois de endurecida, sem impedir a troca de gases com o meio;
- Impermeabilizantes, que reduzem a permeabilidade, porém não garantem a impermeabilização total devido suas falhas quando ocorrem novas fissuras no revestimento;
- Incorporadores de ar, que melhoram a plasticidade e a adesão inicial e aumentam a retenção de água, entretanto reduzem as resistências à compressão, flexão e aderência à tração;
- Plastificantes, que melhoram a trabalhabilidade das argamassas;
- Retentores de água, que diminuem a absorção de água pelo substrato, evaporação e exsudação de água da argamassa no estado fresco e;
- Retardadores de pega, que retardam o início da hidratação do cimento.

Visando satisfazer às funções citadas anteriormente, algumas propriedades tornam-se essenciais para essas argamassas, tais como: a trabalhabilidade, especialmente a consistência, a plasticidade e adesão inicial; a retração; a aderência à tração; a permeabilidade à água; a resistência mecânica, principalmente a superficial e a capacidade de absorver deformações (CARASEK, 2007).

### 2.2.3 Tipos e camadas das argamassas de revestimento

Segundo Carasek (2007), as argamassas de revestimento são utilizadas para revestir paredes, muros e tetos, os quais, geralmente, recebem acabamentos como pintura, revestimentos cerâmicos, laminados e outros.

Segundo a NBR 13530 (ABNT, 1995) e Carasek (2007), as argamassas podem ser classificadas com relação a vários critérios, alguns dos quais são propostos:

- quanto à natureza do aglomerante: aérea e hidráulica;
- quanto ao tipo de aglomerante: cal, cimento, cal e cimento, gesso; e cal e gesso;
- quanto ao número de aglomerantes: simples e mista;
- quanto à consistência da argamassa: seca, plástica e fluida;
- quanto à plasticidade da argamassa: pobre ou magra, média ou cheia e rica ou gorda;
- quanto à densidade de massa da argamassa: leve, normal e pesada;
- quanto à forma de preparo ou fornecimento: preparada em obra, mistura semi pronta para argamassa, industrializada e dosada em central.

Os revestimentos podem possuir camadas de revestimento como: chapisco, emboço, reboco, camada única e revestimento decorativo monocamada. Segue abaixo as definições quanto à função da camada do revestimento, de acordo com a NBR 13529 (ABNT, 1995):

- chapisco: é uma camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou descontínua, com finalidade de melhorar a aderência do revestimento;
- emboço: é uma camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a base, propiciando uma superfície que permita receber outra camada de revestimento decorativo (por exemplo, cerâmica ou pedras), devendo apresentar espessura média entre 15 mm e 25 mm;
- reboco: é a camada de revestimento utilizada para cobrimento do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo ou que se constitua no acabamento final;

- camada única: é um tipo de revestimento de um único tipo de argamassa aplicado à base, sobre o qual é aplicada uma camada decorativa, como exemplo, a pintura.
- revestimento decorativo monocamada (ou monocapa) – RDM: é um revestimento aplicado em uma única camada, que faz, simultaneamente, a função de regularização e decorativa. A argamassa de RDM é um produto industrializado, ainda não normalizado no Brasil, com composição variável de acordo com o fabricante, contendo geralmente: cimento branco, cal hidratada, agregados de várias naturezas, pigmentos inorgânicos, fungicidas, além de vários aditivos plastificante, retentor de água, incorporador de ar, entre outros. (CARASEK, 2007).

As espessuras admissíveis do revestimento interno e externo para parede podem se observadas de acordo com a Tabela 2, conforme recomendações da NBR 13749 (ABNT, 1996).

Tabela 2 – Espessuras admissíveis conforme NBR 13749 (ABNT, 1996).

<b>Revestimento</b>	<b>Espessura (mm)</b>
Em parede interna	$5 \leq e \leq 20$ mm
Em parede externa	$20 \leq e \leq 30$ mm

Sendo assim, visando analisar quanto aos tipos e as camadas das argamassas de revestimento citadas anteriormente, algumas propriedades tornam-se essenciais em ambos os estados: fresco e endurecido.

#### **2.2.4 Propriedade das argamassas**

Para que possam cumprir adequadamente suas funções, as argamassas precisam apresentar um conjunto de propriedades, relativas aos estados fresco e endurecido. O entendimento dessas propriedades e dos fatores que influenciam à sua obtenção permite prever o comportamento dos revestimentos nas diferentes situações de uso.

As principais propriedades das argamassas no estado fresco estão a seguir descritas:

a) Consistência e Plasticidade

A consistência é a propriedade pela qual a argamassa tende a resistir às deformações que lhe são impostas. Para Silva (2006), a consistência é diretamente determinada pelo conteúdo de água, sendo influenciada pelos seguintes fatores: relação água/aglomerante, relação aglomerante/areia, granulometria da areia, natureza e qualidade do aglomerante. Carasek (2007) explica que o ajuste que o pedreiro faz no sentido de corrigir a trabalhabilidade da argamassa alterando a quantidade de água, uma vez que as proporções dos componentes são pré-fixadas, diz respeito à consistência ou fluidez da argamassa. Sendo assim, quanto à consistência há três tipos de classificação das argamassas: seca, plástica e fluída.

A quantidade de água, por sua vez, pode influenciar as características do revestimento final, alterando a resistência de aderência, a permeabilidade à água e a capacidade de absorver deformações (FERREIRA, 2010).

A plasticidade é o comportamento que permite às argamassas se deformarem sem ruptura, sob a ação de forças superiores às que promovem a sua estabilidade, mantendo a deformação depois de retirado o esforço. Esta é influenciada pelos tipos e pelas quantidades de aglomerantes e agregados, pelo tempo e pela intensidade de mistura, e pela presença de aditivos como o aditivo incorporador de ar (CINCOTTO et. al., 1995).

Segundo Ferreira (2010), a plasticidade adequada para cada mistura, de acordo com a finalidade e forma de aplicação da argamassa, demanda uma quantidade ótima de água, a qual significa uma consistência ótima que, por sua vez é função das proporções e natureza dos materiais. A plasticidade possui três tipos de classificação para as argamassas: pobre ou magra, média ou cheia, rica ou gorda.

A consistência e plasticidade são os principais fatores condicionantes da propriedade trabalhabilidade e, por isso, algumas vezes são confundidas como sinônimos de trabalhabilidade (CARASEK, 2007).

Para o auxílio nos ensaios, devem ser seguidas as prescrições das seguintes normas brasileiras:

- NBR 13276 (ABNT, 2005) – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos-preparo da mistura e determinação de consistência;
- NBR 9206 (ABNT, 2003) - Cal hidratada para argamassas - Determinação da plasticidade.

### b) Trabalhabilidade

Esta propriedade relaciona-se principalmente à consistência. Em termos práticos, a trabalhabilidade significa facilidade de manuseio. Pode-se dizer que uma argamassa é trabalhável, de um modo geral, quando ela distribui-se facilmente ao ser assentada, não gruda na ferramenta quando está sendo aplicada, não segrega ao ser transportada, não endurece em contato com superfícies absorptivas e permanece plástica por tempo suficiente para que a operação seja completada (SABBATINI, 1984).

Avaliar, quantificar e prescrever valores de trabalhabilidade das argamassas por meio de ensaios é uma tarefa difícil, uma vez que ela depende não só das características intrínsecas das argamassas, mas também da habilidade do pedreiro que está executando o serviço e de várias propriedades do substrato, além da técnica de aplicação (CASCUDO et. al., 2005).

De acordo com Bauer (2003), o ensaio da Mesa de Consistência (NBR 7215, 1982) é um dos testes mais utilizados para avaliar as propriedades das argamassas no estado fresco. Segundo o autor, outro ensaio utilizado é o Vane Test, que é uma ferramenta que vem sendo utilizada no estudo da reologia de materiais em diferentes áreas. Este método foi bastante desenvolvido na mecânica dos solos, sendo utilizado para determinar um parâmetro definido como “tensão de cisalhamento não drenada de solos”, existindo equipamentos de pequeno porte para ensaios de laboratório, bem como, equipamentos de grande porte para ensaios em campo (BAUER, 2003). No estudo dos materiais de construção é possível encontrar trabalhos que utilizam o Vane Test para caracterizar argamassas como nos estudos desenvolvidos por Alves (2002) e Santos (2003), que utilizaram este método para avaliar a consistência de argamassas de revestimento no estado fresco.

### c) Coesão

Segundo Cincotto et al. (1995), o termo coesão refere-se às forças físicas de atração existentes entre as partículas sólidas da argamassa no estado fresco e às ligações químicas da pasta aglomerante. Ainda, segundo os autores, a influência da cal sobre a consistência e a trabalhabilidade das argamassas provém das condições de coesão interna que a mesma proporciona em função da diminuição da tensão superficial da pasta aglomerante e da adesão ao agregado.

#### d) Retenção de água

Para Mattos (2002), em argamassas para revestimento, a retenção de água influencia no tempo disponível para sua aplicação, regularização e desempenho, assim como afeta algumas propriedades no estado endurecido ao influenciar nas reações dos aglomerantes durante a cura, porém, esta propriedade pode variar em função das condições do ambiente e das características de absorção da base. A retenção de água está relacionada com a manutenção da consistência, porque a argamassa tende a conservar a água necessária para molhar a superfície dos materiais, possibilitando que as reações de hidratação dos aglomerantes se processem. Já segundo Santos (2008), a retenção permite que as reações de endurecimento da argamassa se tornem mais gradativas, promovendo a adequada hidratação do cimento e consequente ganho de resistência.

Segundo Melo et al. (2007), para as argamassas mistas de cal e cimento esta propriedade é obtida pela excelente capacidade que a cal possui de reter água em torno de suas partículas. Esta característica é importante no desempenho da argamassa, relativo ao sistema alvenaria/revestimento, por não permitir a absorção excessiva de água pela alvenaria. Para Silva (2006), pode-se aumentar a retenção de água nas argamassas de revestimento com o uso de aditivos que reduzem a evaporação e a exsudação de água da argamassa fresca.

Para o auxílio nos ensaios devem ser seguidas as prescrições da norma, NBR 13277 (ABNT, 2005).

#### e) Massa específica

Conforme Mattos (2002), esta propriedade fornece indiretamente informações qualitativas acerca da compactidade da mistura, visto que, de um modo geral, ao serem comparadas argamassas constituídas de materiais de massa específica iguais, mas com volume de vazios distintos, a argamassa de menor volume de vazios apresenta maior massa específica. Para a realização dos ensaios devem ser seguidas as prescrições da norma, NBR 9776 (ABNT, 1987).

As argamassas no estado endurecido possuem propriedades que lhe são inerentes, sendo, portanto, avaliadas diretamente em corpos-de-prova e nos revestimentos. Entre estas: módulo de elasticidade, resistência à tração na flexão e à compressão, resistência de aderência à tração, porosidade e permeabilidade, conforme a seguir comentadas.

f) Módulo de Elasticidade

Esta propriedade é a capacidade de deformação que as argamassas apresentam sem que ocorra ruptura, retornando às suas dimensões iniciais quando cessam as solicitações que lhes são impostas (CINCOTTO et al., 1995). Então, a ocorrência de fissuras num revestimento de argamassa decorre da elasticidade e resistências à tração inadequadas diante das tensões de tração resultantes da retração de secagem, retração térmica ou ações externas ao revestimento (SILVA, 2006).

Para a realização dos ensaios para esta propriedade devem ser seguidas as prescrições da norma, NBR 15630 (ABNT, 2008).

g) Resistência à tração na flexão e à compressão

A resistência mecânica das argamassas está relacionada à sua capacidade de resistir a esforços de tração, compressão ou cisalhamento, decorrentes de cargas estáticas ou dinâmicas atuantes nas edificações, ou decorrentes de efeitos das condições ambientais. A resistência à compressão é a característica mais comumente determinada para argamassa de assentamento. Entende-se que esta propriedade é importante para o controle de produção do concreto e adotada para as argamassas, pois verifica a uniformidade de produção (NAKAKURA & CINCOTTO, 2004).

A resistência à compressão nas argamassas destinadas a revestimento e mesmo nas de assentamento não é considerada primordial, podendo ser tratada sem maiores preocupações. Portanto, a relação água / cimento não merece ser tão cuidadosamente controlada como se faz em concreto, cabendo ao pedreiro regular a água de maneira que a argamassa tenha a trabalhabilidade desejada. A execução de ensaios de resistência à compressão pode ser feita com a finalidade de controlar a argamassa produzida, obtendo indiretamente informações sobre o seu grau de hidratação, e conseqüentemente, o seu poder em resistir às ações externas.

Por outro lado, a obtenção da resistência à tração em corpos-de-prova de argamassa tem sido utilizada quando se pretende correlacioná-la a outras propriedades. Em 2005 o formato do corpo-de-prova foi alterado, deixou de se ser cilíndrico e passou a ser prismático, com dimensões de 4 cm x 4 cm x 16 cm, o que possibilitou a realização do ensaio de resistência à tração na flexão (GOMES, 2008).

Para o auxílio na realização dos ensaios para esta propriedade devem ser seguidas as prescrições da norma, NBR 13279 (ABNT, 2005).

#### h) Resistência de aderência à tração

Propriedade da argamassa de revestimento de resistir a tensões normais ou tangenciais nas superfícies de interface com o substrato. Segundo Silva (2006), a aderência é significativamente influenciada pelas condições da base, como a porosidade e a absorção de água, a resistência mecânica, a textura superficial e pelas condições de execução do revestimento. A capacidade de aderência da interface argamassa/substrato depende, ainda, da capacidade de retenção de água, da consistência e do teor de ar aprisionado da argamassa. Para Silva et al. (2005), a aderência é influenciada pelo teor de finos do agregado miúdo.

Para o auxílio na realização dos ensaios para esta propriedade devem ser seguidas as prescrições da norma NBR 15258 (ABNT, 2010).

#### i) Permeabilidade

É o fenômeno da passagem de água tanto no estado líquido como no estado de vapor através da camada de argamassa endurecida. É influenciada pelos poros capilares de dimensões maiores que  $50 \mu\text{m}$ , e pelas bolhas de ar incorporado, que podem chegar a até 3 mm (NAKAKURA e CINCOTTO, 2004). Segundo os mesmos autores, como os capilares são os espaços ainda não preenchidos pelos compostos hidratados do aglomerante, a permeabilidade depende do prosseguimento da hidratação ao longo do tempo, ou seja, com o avanço da idade da argamassa aplicada, maior será o grau de endurecimento, e mais baixa a sua permeabilidade. A existência de poros interligados ou não, bem como de diferentes diâmetros, faz que alguns contribuam para a permeabilidade e outros, não. Por outro lado, se os poros forem descontínuos ou, de outro modo, ineficazes para o deslocamento de fluidos, a permeabilidade será baixa, mesmo com porosidade alta.

Entretanto, analisado as propriedades das argamassas e visando satisfazê-las quanto a padronização normativa têm argamassas de revestimento com utilização de agregados miúdo alternativos para substituição total e/ou parcial dos agregados miúdos naturais.

## 2.6 Argamassas com agregados reciclados de RCD

Existe uma carência de estudos nacionais e internacionais investigando os comportamentos das argamassas de revestimento e os custos destas quando produzidas

com a substituição total e/ou parcial dos agregados miúdos reciclados naturais pelos agregados miúdos reciclados.

Entretanto, Baravesco (2001) realizou estudos em argamassas produzidas com entulho provenientes de demolições e reformas. Este autor verificou que o comportamento das argamassas com agregado miúdo reciclado foram comparadas com argamassas de referências, produzidas com areia encontrada na região da grande Florianópolis (SC), nos traços 1:1:6 e 1:2:9.(cimento:cal:agregado). Segundo o autor, os resultados obtidos demonstram que o agregado miúdo reciclado pode substituir com certa vantagem as areias naturais, pois no ensaio de resistência à compressão as argamassas produzidas com agregado reciclado, proveniente de material cerâmico tiveram resistências superiores às demais argamassas. No ensaio de aderência, as argamassas produzidas com agregado reciclado de entulho, apresentaram resistências maiores que as produzidas com areia natural.

Mendes e Borja (2007), realizaram estudos em argamassas de revestimento produzidas a partir de diferentes proporções de resíduos de cerâmicas vermelhas recicladas (RCV) em quatro proporções previamente estabelecidas (5%, 10%, 15% e 20%) em substituição ao agregado miúdo mantendo-se o mesmo fator água / cimento. Segundo os autores, os resultados demonstraram que a presença do RCV na argamassa aumenta o índice de consistência e o teor de ar incorporado e reduz a densidade de massa. As propriedades físicas das argamassas no estado fresco são otimizadas com a adição do RCV.

Silva (2006) realizou ensaios em argamassas de revestimento com a utilização de areia proveniente da britagem de rocha, donde foram produzidas 22 argamassas, em 11 traços de cimento, cal e areia. Segundo este autor, os resultados obtidos mostraram que as argamassas produzidas com areia britada são mais suscetíveis à fissuração, porém, possuem melhor trabalhabilidade, maiores resistências mecânicas e, na maioria dos traços, menor permeabilidade à água que as argamassas produzidas com areia natural, comparativamente a mesma proporção de materiais. O teor de finos e o teor de água influenciaram nas propriedades das argamassas no estado fresco e, também, no estado endurecido.

Para Guacelli (2009), o qual avaliou a utilização de areia de britagem de rochas basálticas, em substituição a areia de extração, nas argamassas de revestimento. Segundo este autor os resultados obtidos mostram que é viável esta substituição para uma proporção de 50% de areia de britagem e 50% de areia de extração, sendo necessários estudos para melhorar a granulometria e a forma das partículas da areia de britagem, buscando viabilizar

sua utilização sem a necessidade da composição com a areia de extração. Embora a areia de britagem não seja um agregado miúdo reciclado de RCD, esta possui algumas características que as assemelham, como o alto teor de finos.

Corinaldesi e Moricone (2009) avaliaram o comportamento mecânico e reológico de argamassas de cimento e agregado miúdo preparadas com três diferentes tipos de agregado reciclado: uma é feita com resíduos de concretos obtidos do material rejeitado a partir da utilização na execução de estruturas de concreto, um é baseado em tijolos reciclados e a outra de uma usina de reciclagem na qual foram provenientes de resíduos de demolição. Segundo os mesmos autores, os resultados experimentais mostraram que as propriedades mecânicas das argamassas preparadas por substituição da areia natural com cada um destes agregados reciclados é significativamente menor do que a referência. Os referidos autores avaliaram também o uso de tais argamassas na elevação e revestimento de alvenarias, sendo a força de ligação na interface entre a argamassa e o tijolo resultou a ser maior para argamassas preparadas com agregados reciclados e, em particular, quando o agregado fino proveniente de reciclagem de resíduos de demolição foi utilizado.

Sendo assim, é possível observar a variedade de estudos de argamassas de revestimentos com a utilização de agregados miúdos reciclados visando permitir uma economia significativa de volumes de areia lavada, um recurso natural cuja extração tem causado grandes danos ao ecossistema dos rios e suas margens. Tais estudos comprovam que a substituição total ou parcial dos agregados miúdos reciclados por naturais apresentam resultados satisfatórios nos ensaios realizados.

### **3 - MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Materiais**

O cimento utilizado foi o CP II-Z-32 RS, tendo em vista que é o mais utilizado na Região Metropolitana de Fortaleza. As características do cimento Portland estão na Tabela 3 e foram fornecidas pelo fabricante.

Tabela 3 – Características físicas e composição química do cimento Portland utilizado.

<b>Características Físicas</b>									
<b>Ensaio</b>					<b>Valores</b>				
Massa unitária no estado solto (kg/dm <sup>3</sup> )					1,21				
Massa específica (kg/dm <sup>3</sup> )					3,10				
<b>Composição Química</b>									
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	Perda ao fogo
22,9	7,25	3,18	50,86	5,56	1,04	0,18	2,82	4,23	1,97

Fonte: Votorantim, (2010).

A cal utilizada no experimento foi a cal hidratada CH I fabricada pela empresa Carbomil S/A, cujas características e foram fornecidas pela mesma e estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Características físicas e composição química da cal hidratada utilizada.

<b>Características Físicas</b>	
Massa unitária no estado solto (kg/dm <sup>3</sup> )	0,73
Massa específica (kg/dm <sup>3</sup> )	0,85
Umidade (% máx.)	2,00
<b>Composição Química</b>	
Ca(OH) <sub>2</sub>	90,0 % - 98,5 %
MgO	3,5 % máx.
RI Insolúvel em HCl	0,5 % máx.
SiO <sub>2</sub>	0,3 % máx.
R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,5 % máx.

Fonte: Carbomil S/A, (2010).

Os agregados miúdos naturais (AMN) foram provenientes de um depósito de materiais de construção da cidade de Fortaleza (CE).

Os agregados miúdos reciclados (AMR) foram provenientes de resíduos de concreto (Figura 3).



Figura 3 – Resíduos de concreto a serem britados.

Os resíduos de concreto foram britados por um britador de mandíbulas no laboratório do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT) (Figura 4).



Figura 4– Britador de mandíbulas.

Após serem britados os resíduos de concreto foram peneirados manualmente na peneira de abertura 4,8mm. Após, peneirados, foram ensacados e levados para o Laboratório de Materiais de Construção (LMC) da Universidade Federal do Ceará (UFC), onde a curva granulométrica foi ajustada para que ficasse similar à curva do agregado miúdo reciclado.

Em seguida as amostras foram separadas para se fazer os ensaios de caracterização, juntamente com amostras do agregado miúdo natural, conforme Figura 5.



Figura 5 - Agregados miúdos: (a) Natural; (b) Reciclado de concreto.

Para determinação das características físicas dos agregados deixou-se o material secar em estufa, a  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , durante 24 horas.

Foram realizados os seguintes ensaios de caracterização nos agregados: determinação da composição granulométrica, dos agregados de acordo com a NM 248 (ABNT, 2003); determinação da massa específica conforme NBR 9776 (ABNT, 1987); determinação da massa unitária, conforme prescrição da NM 45 (ABNT, 2003); determinação da absorção de água, de acordo com a NM 30 (ABNT, 2003). Os valores obtidos nos ensaios realizados conforme prescritos em cada norma podem ser observados na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores encontrados de acordo com as normas específicas.

Ensaio	Areia Lavada	Areia Reciclada	Norma
DMC (mm)	2,40	2,40	NM 248 (2003)
MF	2,4	2,4	NM 248 (2003)
Massa específica ( $\text{kg}/\text{dm}^3$ )	2,61	2,46	NBR 9776 (1987)
Massa unitária ( $\text{kg}/\text{dm}^3$ )	1,45	1,38	NM 45 (2003)
Material pulverulento (%)	1,5	6,8	NBR 7219 (1982)
Absorção de Água (%)	1,0	3,5	NM 30 (2003)

A figura 6 apresenta a sobreposição das curvas granulométricas da areia natural e da areia reciclada de concreto, após os ajustes.

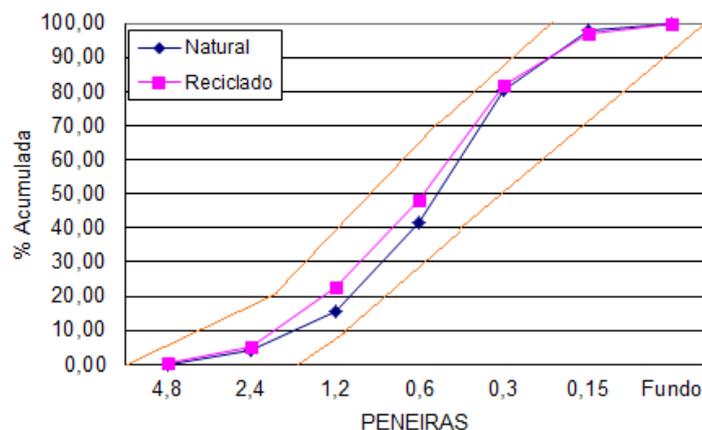


Figura 6 – Sobreposição das curvas granulométricas.

A massa unitária do agregado miúdo reciclado é 5,48% inferior à massa unitária da areia natural, o que é coerente, pois os agregados reciclados geralmente possuem uma massa específica menor que a dos agregados naturais (LEITE, 2001; CABRAL, 2007; INFORÇATO e PIMENTEL 2008).

De acordo com a Tabela 5, quanto ao teor de material pulverulento, os agregados miúdos reciclados possuem percentuais bem superiores aos dos agregados miúdos naturais. De acordo com Bazuco (1999), Baravesco (2001) e Silva (2006), isto se deve basicamente em virtude da camada de argamassa velha que fica aderida aos agregados e com a moagem deste material, esta argamassa passa a fazer parte do agregado, aumentando o teor de finos.

A absorção de água encontrada para os agregados miúdos reciclados é bem superior à taxa para os agregados miúdos naturais, cerca de 3,43 vezes maior, conforme Tabela 5. Este resultado é validado por pesquisas realizadas anteriormente (SILVA, 2006; LOVATO, 2007; CABRAL, 2009).

Foi confeccionada a céu aberto, no campus do Pici da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza-CE, uma parede com 10m de comprimento por 1,60m de altura; utilizando blocos cerâmicos de 8 furos, conforme Figura 7. Os tijolos foram assentados com argamassa no traço de 1:8 (cimento e areia natural), em massa sobre uma alvenaria de embasamento em tijolos cerâmicos.



Figura 7 – Parede de alvenaria 10m de comprimento por 1,60m de altura sem chapisco.

Após 72 horas, a parede foi chapiscada totalmente (Figura 7), com argamassa no traço de 1:4 (cimento e areia natural), em massa. A argamassa de chapisco foi produzida de uma só vez e aplicada em ambos os lados.



Figura 8 – Parede chapiscada.

## 3.2 Método de pesquisa

### 3.2.1 Projeto de Experimentos

O planejamento de experimentos é uma técnica utilizada para se planejar experimentos, ou seja, para definir quais dados, em que quantidade e em que condições devem ser coletadas durante um determinado experimento, buscando, basicamente, satisfazer dois grandes objetivos: a precisão estatística possível na resposta e o menor custo (LEITE, 2001; PÓVOAS et al. 2002; SILVA, 2006; LOVATO, 2007; ARANDA et al., 2008).

Para Aranda et al. (2008), quando o número de fatores a serem investigados aumenta, o número de ensaios a serem realizados no experimento também aumenta, exigindo um maior investimento e tempo para a sua execução. Nestes casos se utilizam técnicas como fracionamento. Segundo Ribeiro e Caten (2010), o fracionamento permite realizar apenas uma parte, fração dos ensaios a serem realizados, sem perder informações relevantes. Um projeto fatorial completo permite estudar os efeitos principais e todas as interações entre os fatores controláveis. Com o aumento do número de fatores, o número de interações entre os fatores aumenta rapidamente. No entanto, as interações de alta ordem são difíceis de interpretar e em geral não são significativas. Desta forma pode-se optar por rodar um projeto fatorial fracionado executando apenas uma fração dos ensaios e obtendo as mesmas informações relevantes do projeto fatorial completo, ou seja, os efeitos principais e os efeitos de interação de dois fatores.

O projeto composto de segunda ordem tem como base um projeto fatorial  $2^k$ , fracionado ou completo, no qual se soma a este último os vértices de uma estrela e os pontos centrais da estrela e do projeto fatorial, sendo que  $k$  é o número de fatores a serem investigados (RIBEIRO e CATEN, 2003). Neste experimento foi repetido o ponto central do projeto.

Foram identificados para esta pesquisa três fatores: o teor de cimento, o teor de agregado miúdo reciclado e o traço. Utilizou-se o projeto fatorial fracionado conforme a Figura 9.

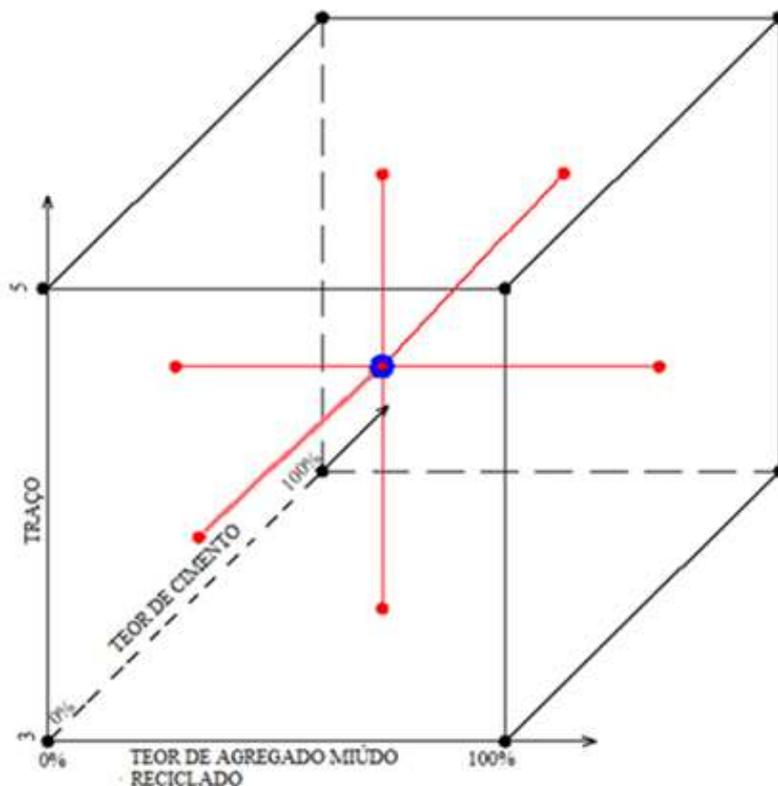


Figura 9 - Projeto composto contendo projeto fatorial fracionado, os vértices da estrela e os pontos centrais.

Para este estudo, através da utilização deste tipo de projeto foram realizados 16 traços de argamassas de revestimento, foram moldados 96 corpos-de-prova e realizados 96 ensaios de aderência à tração.

Para este estudo, foram produzidas argamassas de traço: 1:3, 1:4 e 1:5 (aglomerante : agregado miúdo) em massa, em que utilizou-se a cal e o cimento como aglomerantes e areia natural e areia reciclada de concreto como agregado miúdo. Os percentuais de utilização dos aglomerantes e agregados miúdos nos traços foram: 0%, 20%, 50%, 80% e 100%, conforme Tabela 6.

Tabela 6 – Enumeração dos traços com referência aos percentuais de substituição dos aglomerantes e agregados miúdos..

Nº TRAÇO	teores de substituição				TRAÇO
	Aglomerante		Agregado Miúdo		
	% cim	% cal	% natural	% reciclado	
1	20%	80%	80%	20%	1 : 3
2	20%	80%	80%	20%	1 : 5
3	80%	20%	80%	20%	1 : 3
4	80%	20%	80%	20%	1 : 5
5	20%	80%	20%	80%	1 : 3
6	20%	80%	20%	80%	1 : 5
7	80%	20%	20%	80%	1 : 3
8	80%	20%	20%	80%	1 : 5
9	50%	50%	50%	50%	1 : 4
10	50%	50%	100%	0%	1 : 4
11	50%	50%	0%	100%	1 : 4
12	0%	100%	50%	50%	1 : 4
13	100%	0%	50%	50%	1 : 4
14	50%	50%	50%	50%	1 : 3
15	50%	50%	50%	50%	1 : 5
16	50%	50%	50%	50%	1 : 4

### 3.2.2 Compensação das massas para os traços das argamassas

Tendo em vista que os aglomerantes e agregados miúdos utilizados possuem massas unitárias bem diferentes foi necessário fazer a compensação das massas para os traços utilizados. As proporções dos aglomerantes e dos agregados miúdos foram determinadas tendo em vista que os volumes dos aglomerantes e/ou agregados miúdos são iguais.

A equação 1, apresenta a definição de massa unitária no estado solto, de acordo com a NBR 7251 (ABNT, 1982), como sendo o quociente da massa do agregado lançado em recipiente e o volume desse recipiente.

$$\gamma = \frac{m}{V} \quad [1]$$

Logo, o volume é determinado como sendo o quociente da massa pela massa unitária, conforme equação 2.

$$V = \frac{m}{\gamma} \quad [2]$$

Onde:

$V$  = Volume ( $\text{dm}^3$ );

$m$  = massa (kg);

$\gamma$  = massa unitária ( $\text{kg}/\text{dm}^3$ );

Sendo assim, o volume de aglomerante é igual ao volume de cimento acrescido do volume de cal hidratada, como se pode verificar na equação 3. Do mesmo modo o volume dos agregados miúdos é igual a soma do volume do agregado miúdo natural (AMN) com o agregado miúdo reciclado (AMR), conforme equação 4.

$$V_{\text{aglomerante}} = V_{\text{cim}} + V_{\text{cal}} \quad [3]$$

$$V_{\text{AM}} = V_{\text{AMN}} + V_{\text{AMR}} \quad [4]$$

Onde:

$V_{\text{aglomerante}}$  = Volume de aglomerante ( $\text{dm}^3$ );

$V_{\text{cim}}$  = Volume do cimento ( $\text{dm}^3$ );

$V_{\text{cal}}$  = Volume da cal hidratada ( $\text{dm}^3$ );

$V_{\text{AM}}$  = Volume do agregado miúdo ( $\text{dm}^3$ );

$V_{\text{AMN}}$  = Volume do agregado miúdo natural ( $\text{dm}^3$ );

$V_{\text{AMR}}$  = Volume do agregado miúdo reciclado ( $\text{dm}^3$ );

Os proporcionamentos dos materiais, em massa, foram definidos a partir de traços utilizados, um exemplo desta compensação pode ser verificado no Apêndice A, assim como os traços das argamassas produzidas após a compensação estão apresentados no Apêndice B.

### 3.3 Preparo das argamassas dos revestimentos

Inicialmente os aglomerantes e agregados foram pesados e colocados em recipientes separados. Foi obedecida a sequência das misturas na betoneira em todos os traços, apesar de não ser o equipamento mais adequado entretanto este era o disponível.

No caso das argamassas com cal hidratada, primeiro foi colocada a água, depois a cal hidratada e em seguida os agregados miúdos. Logo após a mistura, a argamassa de cal ficou em maturação por um período de 24 horas, dentro de uma caixa de polietileno com tampa, sendo seu peso inicial medido. Após 24 horas, o conjunto era novamente pesado para se verificar a quantidade de água que fora perdida por evaporação. Em seguida, a argamassa de cal era novamente colocada na betoneira e acrescida à compensação de água perdida na evaporação e acrescido da massa de cimento e misturados durante 4 minutos. Todo este procedimento foi realizado para seguir as prescrições da NBR 13276 (ABNT, 2005).

Já para as argamassas apenas com o cimento como aglomerante foi obedecida a seguinte sequência das misturas na betoneira: primeiro foi colocada a água, depois o cimento e em seguida os agregados miúdos e toda a massa foi misturada durante 90 segundos. Logo após a argamassa ficou em repouso por um período de 15 minutos, e em seguida foi homogeneizada manualmente por 20 segundos, conforme procedimentos prescritos na NBR 13276 (ABNT 2005).

Após a mistura final, uma parte de cada argamassa foi retirada para os ensaios no estado fresco, (índice de consistência e perda da trabalhabilidade) e para moldagem dos corpos-de-prova. O restante da argamassa foi utilizada para aplicação como revestimento na parede de alvenaria.

### **3.4 Moldagem dos corpos-de-prova**

Foram moldados um total 96 corpos-de-prova prismáticos (4cmx4cmx16cm) para os 16 traços. Sendo 06 corpos-de-prova para cada traço, e deste 03 para cada idade conforme NBR 13279 (ABNT, 2005). Dos 48 corpos-de-prova que foram utilizados nos ensaios de resistência à tração na flexão, estes geraram o dobro de amostras para os ensaios de compressão.

Os corpos-de-prova ficaram inicialmente em processo de cura ao ar dentro dos moldes por 24 horas, na sala de ensaios à temperatura ambiente sendo posteriormente desformados, identificados e armazenados, conforme Figura 11. Os corpos-de-prova não foram colocados em cura, em tanques com água porque esta pesquisa visa simular ao máximo as condições de cura existentes nas obras locais.



Figura 10 – Armazenamento de corpos-de-prova.

### 3.5 Ensaaios

A Figura 10 apresenta o diagrama dos ensaios realizados no estado fresco, estado endurecido e nos revestimentos.

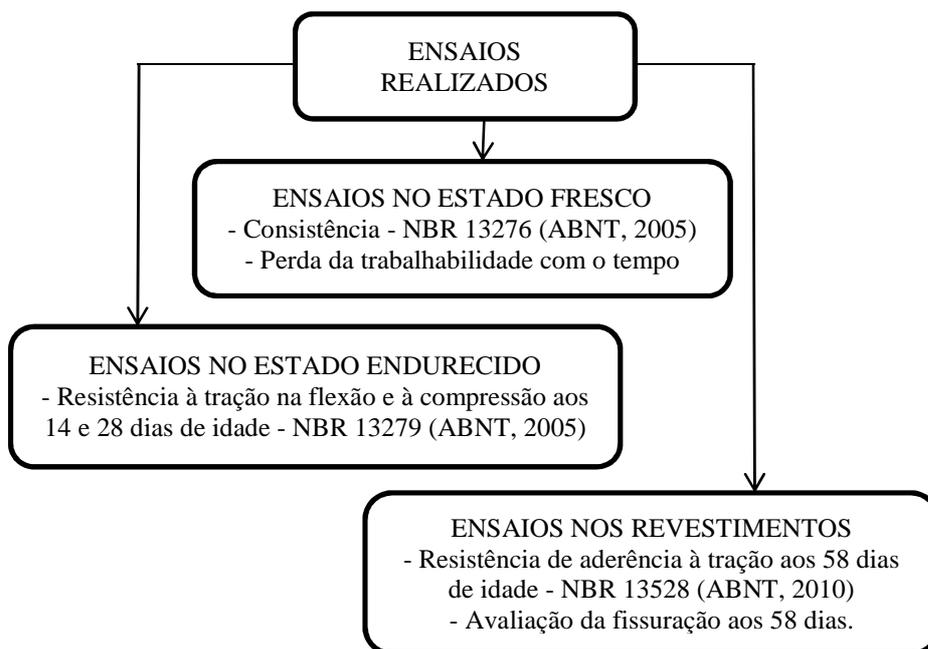


Figura 11 – Diagrama dos ensaios realizados.

Foram verificadas as reduções do espalhamento após 5 e 10 minutos e realizados os seguintes ensaios: a resistência aos 14 dias de idade quanto à resistência mecânica à tração na flexão e à compressão, conforme a NBR 13279 (ABNT, 2005); a resistência aos 28 dias de idade quanto à resistência mecânica à tração na flexão e à compressão, de acordo com a NBR 13279 (ABNT, 2005); a resistência aos 58 dias de

idade quanto à resistência à aderência à tração, conforme prescrito na NBR 15258 (ABNT, 2010); a avaliação do somatório dos comprimentos das fissuras e a avaliação de custos são as variáveis de resposta.

Todos os traços obtiveram o índice de consistência dentro da variação entre 260mm a 280mm, conforme prescrição da NBR 15276 (ABNT, 2005).

Os tratamentos foram definidos de acordo com um projeto composto de segunda ordem, no qual permite testar termos lineares e não lineares (RIBEIRO e CATEN, 2010). Os ensaios realizados permitiram testar os modelos, para as variáveis de resposta. Os tipos de variáveis independentes e de resposta utilizadas nos modelos encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7 – Tipos de variáveis independentes e das variáveis de resposta utilizadas nos modelos.

Variável	
Nome	Tipo
Cimento	independente
Agregado miúdo reciclado	independente
Traço	independente
Redução do espalhamento após 5 minutos	de resposta
Redução do espalhamento após 10 minutos	de resposta
Resistência à tração na flexão aos 14 dias	de resposta
Resistência à tração na flexão aos 28 dias	de resposta
Resistência à compressão aos 14 dias	de resposta
Resistência à compressão aos 28 dias	de resposta
Resistência à aderência à tração aos 58 dias	de resposta
Avaliação do somatório dos comprimentos das fissuras	de resposta
Custos	de resposta

Os dados coletados permitem estabelecer modelos relacionando as variáveis de resposta com as variáveis independentes, podendo-se estabelecer modelos simples ou modelos complexos, através da regressão.

Todo o projeto experimental foi modelado estatisticamente por meio de regressão linear e não linear com o auxílio do software Statística 7.0®, avaliando-se a significância dos efeitos isolados de cada fator e as suas interações dois a dois.

### 3.5.1 Ensaio nas argamassas no estado fresco

À medida que eram produzidos os traços de argamassas, foram realizados ensaios de consistência conforme prescrição da NBR 13276 (ABNT, 2005), tendo em vista que todos os traços deveriam possuir índices entre 260mm a 280mm.

Foram realizados também a determinação da perda da trabalhabilidade das argamassas, após 5 e 10 minutos da medição inicial, com o objetivo de se verificar a influência do agregado miúdo reciclado sobre a trabalhabilidade das argamassas.

### 3.5.2 Ensaio nas argamassas no estado endurecido

Aos 14 e 28 dias de idade foram realizados ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão nos corpos-de-prova segundo a norma NBR 13279 (ABNT, 2005). Primeiramente os corpos-de-prova foram rompidos no ensaio de resistência à tração na flexão e em seguida, eram medidos os tamanhos das metades rompidas. Logo após era realizado o ensaio de resistência à compressão em ambas as metades. A Figura 12 apresenta um corpo-de-prova sendo ensaiado à tração na flexão.

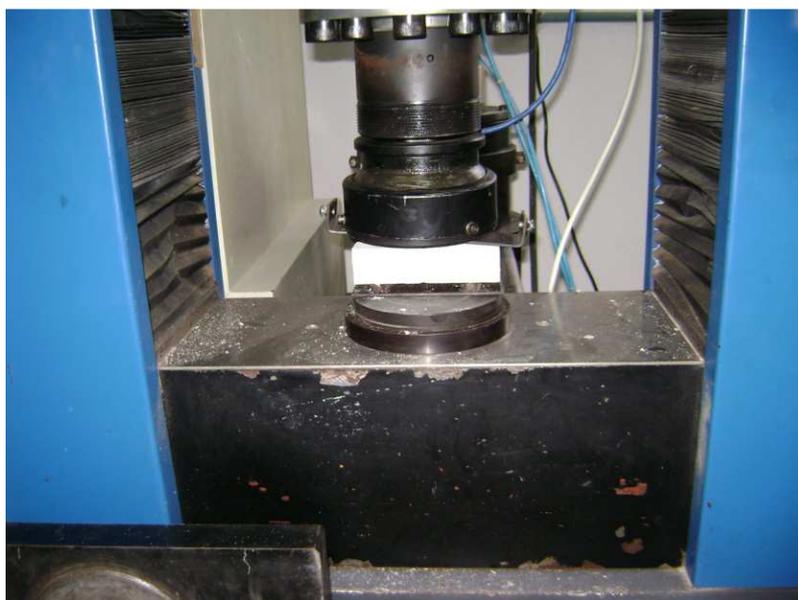


Figura 12 – Ensaio de resistência à tração na flexão.

Foram realizados ensaios de resistência de aderência à tração, segundo a NBR 15258, após 58 dias de idade, conforme Figura 13. Este ensaio só pôde ser realizado aos 58 dias de idade devido ao período de chuvas da época na cidade de Fortaleza. Tomou-se o cuidado de não realizar ensaios sobre as juntas de assentamento das alvenarias, como recomendado por CARASEK et al. (2001).



Figura 13 – Ensaio de resistência à aderência à tração.

Na idade de 58 dias, antes da realização do ensaio de resistência de aderência à tração, foi realizado um levantamento quantitativo dos somatórios dos comprimentos, em metros, das fissuras visíveis dos revestimentos das argamassas produzidas. Este método foi o mesmo adotado por Silva (2006), onde é utilizado um barbante para determinar o comprimento linear total das fissuras para cada traço.

### **3.6 Avaliação da estimativa de custos**

Para a avaliação da estimativa de custo das argamassas foram coletadas como referência as composições de custos da Secretaria de Infraestrutura do Estado do Ceará (SEINFRA) com preços em reais (R\$) dos materiais e mão-de-obra no mês de novembro de 2011 (Anexo A). Para o agregado miúdo reciclado foi considerado o preço de venda

estabelecido pela Usina de reciclagem local com um valor de R\$ 27,00/m<sup>3</sup>. Os custos dos insumos utilizados nas argamassas produzidas estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Custos dos insumos utilizados nas argamassas produzidas.

TRAÇO 1: 3 / 1: 4 / 1: 5 - Leis Sociais = 121,60%					
<b>MÃO DE OBRA</b>					
	Und	Quantidade	R\$ unitário	Encargos	Total
Servente	H	0,60	R\$ 2,77	R\$ 2,02	R\$ 3,68
Pedreiro	H	0,60	R\$ 4,36	R\$ 3,18	R\$ 5,80
<b>INSUMOS</b>					
	Und	Quantidade	R\$ unitário	Encargos	Total
Areia natural	kg	0,0026	R\$ 35,00		R\$ 0,09
Areia reciclada	kg	0,0025	R\$ 27,00		R\$ 0,07
Cal hidratada	kg	1,00	R\$ 0,49		R\$ 0,49
Cimento	kg	1,00	R\$ 0,40		R\$ 0,40

Fonte: ([www.seinfra.ce.gov.br/index.php/tabela-de-custos](http://www.seinfra.ce.gov.br/index.php/tabela-de-custos)).

#### 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como foi explicado no capítulo 3, o programa experimental foi embasado em um planejamento estatístico que confere maior confiabilidade à análise de resultados (LEITE, 2001). De acordo com Ribeiro e Caten (2010), deve-se desconsiderar as amostras cujos valores dos resíduos padronizados sejam maiores do que o módulo de 1,96, considerando um intervalo de confiança de 95%. Este procedimento foi adotado na análise dos resultados. Para esta análise, a variação do número de casos é igual à quantidade de traços e/ou amostras.

Neste capítulo estão apresentados os resultados obtidos nos ensaios realizados nas argamassas no estado fresco e endurecido. A tabela 9 apresenta a simbologia utilizada na representação das equações.

Tabela 9 – Simbologia utilizada nos resultados e discussões

Nome	Símbolo
Cimento	cim
Agregado Miúdo Reciclado	AMR
Traço	traço
Redução do espalhamento após 5 minutos	Red. Esp.5
Redução do espalhamento após 10 minutos	Red. Esp.10
Resistência à tração na flexão aos 14 dias	$f_t14$
Resistência à tração na flexão aos 28 dias	$f_t28$
Resistência à compressão aos 14 dias	$f_c14$
Resistência à compressão aos 28 dias	$f_c28$
Resistência à aderência à tração aos 58 dias	$R_a$
Avaliação do somatório dos comprimentos das fissuras	$\sum f_{issuras}$
Custos	$custos$

Nos modelos obtidos, os teores de substituição do cimento e dos agregados miúdos reciclados devem ser informados na escala de 0 (0%) a 1 (100%), enquanto que os traços foram codificados e devem ser inseridos em valores de 1,67 (correspondendo ao traço 1:3); 1,33 para o traço 1:4; e 1 (correspondendo ao traço 1:5).

## 4.1. Resultados dos ensaios das argamassas no estado fresco

### 4.1.1 Determinação da perda de trabalhabilidade com o tempo

Na tabela 10 estão apresentados os índices de consistência médios medidos logo em seguida o término da mistura, e após 5 e 10 minutos, em milímetros, e seu valor percentual em relação aos espalhamentos. Foi medida a consistência somente quando a consistência anterior se manteve no intervalo de 260mm a 280mm. Os resultados individuais do índice de consistência de cada argamassa produzida encontram-se no Apêndice C.

Tabela 10 – Determinação do índice de consistência médio e o percentual de perda da trabalhabilidade das argamassas produzidas.

Nº TRAÇO	Aglomerante		Agregado Miúdo		TRAÇO	Inicial (mm)	Após 5 minutos				Após 10 minutos	
							Média (mm)	Redução espalhamento		Média (mm)	Redução espalhamento	
	(mm)	%	(mm)	%								
1	20%	80%	80%	20%	1 : 3	264,7	260,3	4,3	1,6%	259,7	5,0	1,9%
2	20%	80%	80%	20%	1 : 5	263,3	260,0	3,3	1,3%	257,0	6,3	2,4%
3	80%	20%	80%	20%	1 : 3	266,0	261,7	4,3	1,6%	257,7	8,3	3,1%
4	80%	20%	80%	20%	1 : 5	269,7	266,7	3,0	1,1%	258,3	11,3	4,2%
5	20%	80%	20%	80%	1 : 3	277,7	262,7	15,0	5,4%	257,0	20,7	7,4%
6	20%	80%	20%	80%	1 : 5	271,0	261,0	10,0	3,7%	254,7	16,3	6,0%
7	80%	20%	20%	80%	1 : 3	260,0	254,7	5,3	2,1%	-	5,3	0,0%
8	80%	20%	20%	80%	1 : 5	272,3	266,7	5,7	2,1%	259,3	13,0	4,8%
9	50%	50%	50%	50%	1 : 4	263,3	257,3	6,0	2,3%	-	6,0	0,0%
10	50%	50%	100%	0%	1 : 4	275,0	263,0	12,0	4,4%	258,0	17,0	6,2%
11	50%	50%	0%	100%	1 : 4	279,0	265,0	14,0	5,0%	256,7	22,3	8,0%
12	0%	100%	50%	50%	1 : 4	263,0	257,7	5,3	2,0%	-	5,3	0,0%
13	100%	0%	50%	50%	1 : 4	274,0	264,0	10,0	3,6%	257,0	17,0	6,2%
14	50%	50%	50%	50%	1 : 3	264,0	259,0	5,0	1,9%	-	5,0	0,0%
15	50%	50%	50%	50%	1 : 5	271,7	264,3	7,3	2,7%	259,7	12,0	4,4%
16	50%	50%	50%	50%	1 : 4	263,0	259,3	3,7	1,4%	-	3,7	0,0%

(-) Não foram medidos, pois o valor inicial estava fora da variação adotada 260 a 280mm.

Na Tabela 11 encontram-se os resultados da análise de variância (ANOVA) para a redução do espalhamento das argamassas após 5 minutos, (Red.Esp 5), em milímetros.

Tabela 11 – ANOVA para a redução do espalhamento após 5 minutos.

Fatores	SQ	GDL	MQ	F	Valor de P	Significância
cim	7,760	1	7,760	20,645	0,003	S
AMR	0,151	1	0,151	0,401	0,547	NS
traço	0,401	1	0,401	1,066	0,336	NS
cim * AMR	0,026	1	0,026	0,070	0,799	NS
cim * traço	1,021	1	1,021	2,717	0,143	NS
AMR * traço	0,049	1	0,049	0,129	0,730	NS
Erro	2,631	7	0,376			
Total	12,950	13				

onde: SQ = soma quadrada; GDL= graus de liberdade; MQ = média quadrada; F = Teste de Fisher; S = significativa; NS = Não significativa

De acordo com os dados da Tabela 11, pode-se observar que apenas o fator cimento é estatisticamente significativo, pois possuem o valor de “p” inferior a 0,05. O modelo inicial necessitou de ajustes, uma vez que foi necessário excluir as amostras de número 02 e 12, pois estas possuíam valores dos resíduos padronizados acima do módulo de 1,96. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi de 0,45. Sendo assim, o modelo produzido para o Esp5min, em milímetros, está apresentado na equação 5. A análise de variância do modelo pode ser verificada na tabela 12.

Sendo assim o modelo gerado para esta variável de resposta encontra-se na equação 5.

$$RedEsp5 = 0,78 + cim^{-0,58} \quad [5]$$

Tabela 12 – ANOVA do modelo para a redução do espalhamento após 5 minutos.

Efeito	SQ	GDL	MQ	F calculado	Valor de P
Regressão	77,690	1	77,690	140,791	0,000
Resíduos	7,174	13	0,552		
Total	84,864	14			
Total corrigido	12,950	13			

onde: SQ = soma quadrada; GDL= graus de liberdade; MQ = média quadrada; F = Teste de Fisher.

De acordo com a tabela 12, pode-se observar que o modelo é significativo.

A figura 14 apresenta a tendência de comportamento do efeito isolado para o teor de cimento em relação à redução do espalhamento após cinco minutos iniciais.

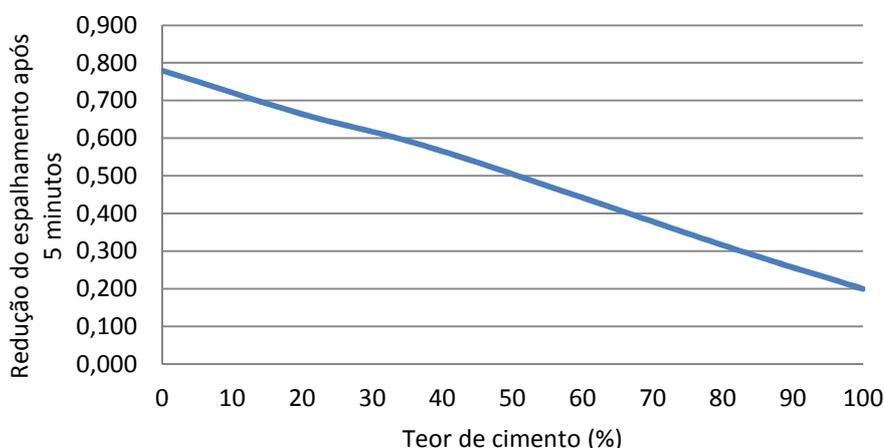


Figura 14 - Efeitos isolados para o teor de cimento em relação à redução do espalhamento após cinco minutos iniciais.

Conforme a figura 14 pode-se verificar que o acréscimo de cimento produz uma diminuição da redução do espalhamento após cinco minutos. Este resultado é coerente com a bibliografia (MIRANDA, 2000).

Na Tabela 13, encontram-se os resultados da análise de variância (ANOVA) para a redução do espalhamento das argamassas após 10 minutos, em milímetros (*Red. Esp 10*).

Tabela 13 – ANOVA para a redução do espalhamento após 10 minutos.

Fatores	SQ	GDL	MQ	F	Valor de P	Significância
cim	11,839	1	11,839	7,172	0,055	NS
AMR	12,826	1	12,826	7,770	0,049	S
traço	4,615	1	4,615	2,796	0,170	NS
cim * AMR	4,479	1	4,479	2,713	0,175	NS
cim * traço	0,570	1	0,570	0,346	0,588	NS
AMR * traço	1,952	1	1,952	1,183	0,338	NS
Erro	6,602	4	1,651			
Total	54,564	10				

onde: SQ = soma quadrada; GDL= graus de liberdade; MQ = média quadrada; F = Teste de Fisher; S = significativa; NS = Não significativa

De acordo com os dados da Tabela 13, pode-se observar que apenas o fator agregado miúdo reciclado possui valor estatisticamente significativo, pois possuem o valor de “p” inferior a 0,005. O modelo inicial necessitou de ajustes, uma vez que foi necessário

excluir as amostras de número 07, 09, 12, 14 e 16, pois estas não obtiveram valores, conforme tabela 10. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para esta variável de resposta foi 0,05, muito baixo o que não foi possível gerar o modelo.

Apesar de não ter obtido êxito na determinação dos modelos para as perdas da trabalhabilidade após os 10 minutos, Miranda (2000) considera importante o estudo da perda da trabalhabilidade, pois avalia o tempo em que as argamassas de revestimentos se mantêm trabalháveis sem a necessidade de reamassamento com água, permitindo assim ao operário trabalhar com segurança, inclusive em condições difíceis de obra, tais como em alta temperatura, em baixa umidade ou substrato muito absorvente.

#### 4.2 Ensaio no estado endurecido

Os resultados médios dos ensaios de resistência à tração na flexão aos 14 e 28 dias de idade, resistência à compressão aos 14 e 28 dias de idade e resistência à aderência à tração aos 58 dias, encontram-se na Tabela 14. Os resultados individuais para os ensaios de: resistência à tração na flexão aos 14 e 28 dias de idade, resistência à compressão aos 14 e 28 dias de idade, e de resistência à aderência na tração, cada argamassa produzida encontram-se nos Apêndice D, E, F e G.

Tabela 14 – Resultados médios dos ensaios.

Nº TRAÇO	Aglomerante		Agregado Miúdo		TRAÇO	Médias				
	% cim	% cal	% natural	% AMR		ft 14 dias	ft 28 dias	fc 14 dias	fc 28 dias	Ra 58 dias
						(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	
1	20%	80%	80%	20%	1 : 3	0,04	0,04	0,60	0,80	(*)
2	20%	80%	80%	20%	1 : 5	0,05	0,06	1,60	1,70	(*)
3	80%	20%	80%	20%	1 : 3	0,49	0,62	9,00	14,30	0,31
4	80%	20%	80%	20%	1 : 5	0,29	0,45	7,20	9,70	0,19
5	20%	80%	20%	80%	1 : 3	0,04	0,05	0,50	0,60	(*)
6	20%	80%	20%	80%	1 : 5	0,04	0,04	0,50	0,80	(*)
7	80%	20%	20%	80%	1 : 3	0,79	0,79	20,30	23,80	0,53
8	80%	20%	20%	80%	1 : 5	0,54	0,61	11,00	13,10	0,33
9	50%	50%	50%	50%	1 : 4	0,31	0,33	4,90	6,00	0,16
10	50%	50%	100%	0%	1 : 4	0,33	0,37	4,80	5,90	0,20
11	50%	50%	0%	100%	1 : 4	0,14	0,16	1,90	2,50	0,10
12	0%	100%	50%	50%	1 : 4	0,07	0,08	0,40	0,50	(*)
13	100%	0%	50%	50%	1 : 4	0,69	0,76	17,50	20,40	0,26
14	50%	50%	50%	50%	1 : 3	0,31	0,42	5,50	6,80	0,30
15	50%	50%	50%	50%	1 : 5	0,25	0,26	3,40	4,20	0,16
16	50%	50%	50%	50%	1 : 4	0,33	0,35	4,30	5,20	0,17

(\*) Não obtiveram valores, pois não foi possível fazer os furos para colagem das pastilhas.

As influências de cada variável independente (fator) e de suas interações nos resultados obtidos são difíceis de serem analisados somente por meio dos resultados da tabela 14. Para que tais interações sejam percebidas faz-se necessário analisar estatisticamente os resultados com a geração de modelos matemáticos que venham a explicar as tendências no comportamento das argamassas produzidas.

#### 4.2.1. Resistência à tração na flexão

De acordo com Silva (2006), as argamassas de revestimentos estão mais associadas à resistência à tração na flexão do que a resistência à compressão e, muitas vezes, a baixa resistência à tração na flexão não permite ao revestimento suportar os esforços de tensões, provocando assim manifestações patológicas nos revestimentos.

A seguir estão apresentadas as análises estatísticas para a resistência à tração na flexão aos 14 e 28 dias de idade.

##### 4.2.1.1. Resistência à tração na flexão aos 14 dias de idade

De acordo com a Tabela 15, pode-se verificar a ANOVA e a significância de cada fator para o ensaio de resistência à tração na flexão aos 14 dias de idade.

Tabela 15 – ANOVA para a resistência à tração na flexão aos 14 dias de idade.

Fatores	SQ	GDL	MQ	F	Valor de P	Significância
cim	1,972	1	1,972	239,910	0,000	S
AMR	0,011	1	0,011	1,296	0,262	NS
traço	0,079	1	0,079	9,648	0,003	S
cim * AMR	0,120	1	0,120	14,572	0,000	S
cim * traço	0,081	1	0,081	9,810	0,003	S
AMR * traço	0,001	1	0,001	0,155	0,696	NS
Erro	0,337	41	0,008			
Total	2,594	47				

onde: SQ = soma quadrada; GDL= graus de liberdade; MQ = média quadrada; F = Teste de Fisher; S = significativo; NS = Não significativo

De acordo com os dados da Tabela 15, pode-se observar que os fatores: cimento, traço, interação do cimento com o agregado miúdo reciclado e a interação do cimento com o traço possuem valores estatisticamente significativos. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi de 0,78, ou seja, este indica que o modelo explica 78% dos casos para a resistência à tração na flexão aos 14 dias de idade. Vale salientar que o fator traço possuiu significância, mas ao se gerar o modelo o seu coeficiente foi de 0,002, desprezível, pois isso este foi retirado do modelo.

Sendo assim, o modelo produzido o  $ft_{14}$ , em MPa, está apresentado na equação 6. A análise de variância do modelo pode ser verificada na tabela 16.

$$ft_{14} = 0,039 + 0,15 * cim + 0,18 * cim * AMR + 0,25 * cim * traço \quad [6]$$

Tabela 16– ANOVA do modelo para a resistência à tração na flexão aos 14 dias de idade.

Efeito	SQ	GDL	MQ	F calculado	Valor de P
Regressão	6,165	2	3,083	243,204	0,000
Resíduos	0,583	46	0,013		
Total	6,748	48			
Total corrigido	2,594	47			

onde: SQ = soma quadrada; GDL= graus de liberdade; MQ = média quadrada;  
F = Teste de Fisher.

De acordo com a tabela 16, pode-se observar que o modelo é significativo.

Para uma melhor interpretação do modelo, foi analisado separadamente cada variável independente (fator) e suas interações por meio de gráficos. Para tanto, variou-se o fator que se gostaria de verificar a sua influência e se fixou os demais fatores em seu ponto médio, ou seja, para o teor de cimento e o teor de agregado miúdo reciclado o valor médio foi 0,5 (equivalente a 50%) e para o traço este foi 1,33 (correspondendo ao traço 1:4). Todos os efeitos isolados foram determinados a partir da equação 6.

A figura 15 apresenta o efeito isolado para o teor de cimento em relação à resistência à tração na flexão na tração aos 14 dias de idade.

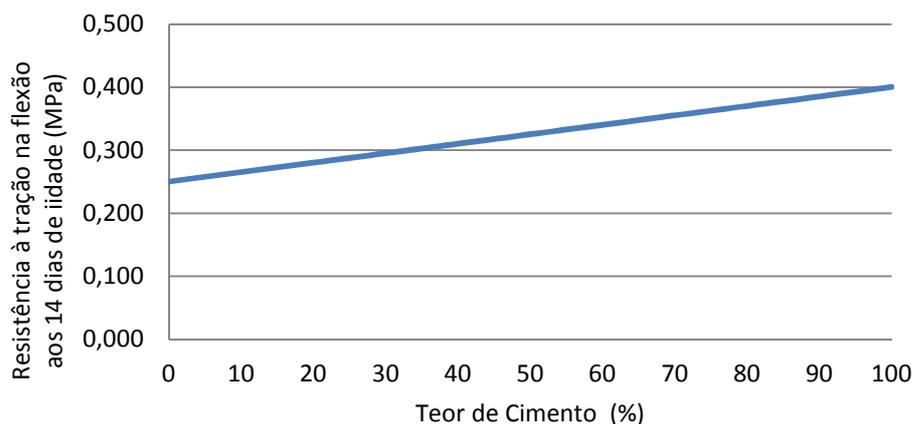


Figura 15 - Efeito isolado do teor de cimento para resistência à tração na flexão aos 14 dias de idade.

Observando a figura 15 pode-se verificar que ao aumentar-se o teor de cimento, a resistência à tração na flexão aos 14 dias de idade também aumenta. Este resultado coaduna com os resultados obtidos por Baravesco (2001). Para um teor de 50% de cimento tem um acréscimo de 19,4% na resistência em comparação ao teor de 0% de cimento. Sendo assim, para um teor de 100% de cimento, tem-se um ganho de 22,5% em relação ao teor de 50% de cimento.

A figura 16 apresenta o efeito isolado para a interação do teor de cimento com o teor de agregado miúdo reciclado, que foi obtida a partir da equação 6, com o teor de cimento e o teor de agregado miúdo reciclado variando de 0 (0%) a 1 (100%) e o traço foi fixo no seu valor médio de 1,33 (1:4).

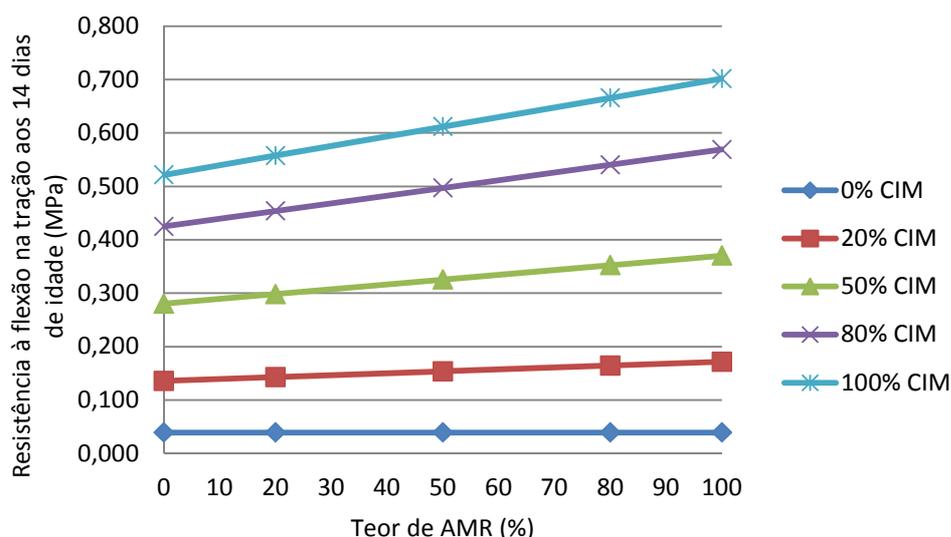


Figura 16 - Efeito isolado para a interação do teor de cimento com o teor de AMR para a resistência à tração na flexão aos 14 dias de idade.

Por meio dos resultados apresentados na Figura 16 pode-se constatar que o efeito isolado da interação do teor de cimento com o teor de agregado miúdo reciclado é positivo, ou seja, este aumenta a resistência à tração na flexão aos 14 dias de idade à medida que se aumenta os teores dos fatores da interação. Este resultado foi semelhante aos resultados obtidos por Assunção et al. (2007).

Comparando os teores tem-se que: para um teor de 20% de cimento e 100% de agregado miúdo reciclado tem um acréscimo de 11,4% na resistência em comparação ao teor de 20% de cimento e 0% de agregado miúdo reciclado. Já para um teor de 100% de cimento e 100% de agregado miúdo reciclado há um ganho de 39,1% na resistência à tração na flexão aos 14 dias de idade em relação a um teor de 100% de cimento e 0% de agregado miúdo reciclado, conforme Apêndice I.

A Figura 17 apresenta os resultados obtidos para a interação do teor de cimento com o traço à medida que há um acréscimo no teor de cimento e no traço a resistência à tração na flexão aos 14 dias de idade diminui. Este resultado contrasta com os resultados obtidos por Silva (2006) e Guacelli (2009). Vale ressaltar que ambos os autores pesquisaram esta propriedade em argamassas de revestimento com a utilização de resíduos de britagem de rochas.

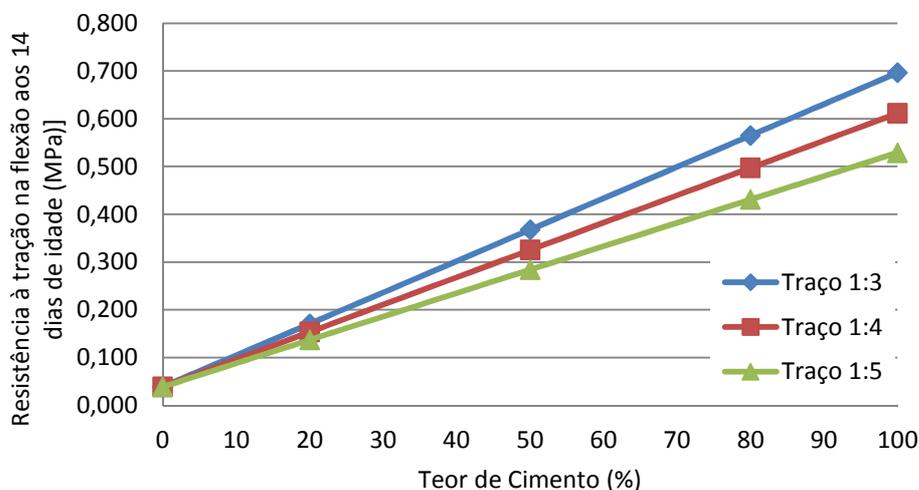


Figura 17 – Efeito isolado para o teor de cimento na interação com o traço para a resistência à tração na flexão aos 14 dias de idade.

Observando os resultados apresentados na figura 17, pode-se constatar que o efeito isolado da interação do teor de cimento com o traço é positivo. Este resultado foi semelhante aos resultados obtidos por Assunção et al. (2007).

Verificando a resistência inicial para os três traços pode-se constatar que para o teor de 0% de cimento o valor obtido foi de 0,039MPa, conforme Apêndice I. Esperava-se que os resultados apresentados anteriormente fossem distintos para os traços em estudo, uma vez que sabe-se que uma argamassa de traço 1:3 deve apresentar maior resistência do que os traços 1:4 e 1:5. Entretanto, ressalta-se que este ponto inicial é para as argamassas de apenas cal como aglomerante. Isto pode ser observado através da equação 6.

Comparando um teor de 100% de cimento no traço 1:3 há um acréscimo de 362,8% na resistência em comparação ao teor de 0% de cimento para o mesmo traço. Já para um teor de 100% de cimento no traço 1:5 há um acréscimo de 257,2% na resistência em comparação ao teor de 0% de cimento para o mesmo traço para a resistência à tração na flexão aos 14 dias de idade.

Comparando as interações nas Figuras 16 e 17, pode-se observar que a interação do cimento com o traço exerce maior influência sobre a resistência à tração na flexão aos 14 dias idade. Isto é, esta interação possui um maior coeficiente, como se pode verificar através da equação 5. Portanto, observando os valores das resistências à tração na flexão aos 14 dias é possível verificar que o traço quando associado com o cimento possui bons resultados para este ensaio.

#### 4.2.1.2. Resistência à tração na flexão aos 28 dias de idade

De acordo com a Tabela 17, pode-se verificar a ANOVA e a significância de cada fator para o ensaio de resistência à tração na flexão aos 28 dias de idade.

Tabela 17 – ANOVA para a resistência à tração na flexão aos 28 dias de idade.

Fatores	SQ	GDL	MQ	F	Valor de P	Significância
cim	2,566	1	2,566	361,728	0,000	S
AMR	0,000	1	0,000	0,031	0,862	NS
traço	0,074	1	0,074	10,499	0,002	S
cim * AMR	0,046	1	0,046	6,534	0,014	S
cim * traço	0,049	1	0,049	6,977	0,012	S
AMR * traço	0,000	1	0,000	0,070	0,793	NS
Erro	0,291	41	0,007			
Total	3,022	47				

onde: SQ = soma quadrada; GDL= graus de liberdade; MQ = média quadrada; F = Teste de Fisher; S = significante; NS = Não significante

De acordo com os dados da Tabela 17, pode-se observar que os fatores: cimento, traço, interação do cimento com o agregado miúdo reciclado e a interação do cimento com o traço possuem valores estatisticamente significativos. Assim como os fatores: agregado miúdo reciclado e a interação do teor de agregado miúdo reciclado com o traço não possuíram valores estatisticamente significativos, pois possuíram o valor de  $p$  superior a 0,05. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi de 0,8852, portanto, este indica que o modelo explica 88,5% dos casos para a resistência à tração na flexão aos 28 dias de idade.

Sendo assim, o modelo obtido está apresentado na equação 7. Vale salientar que mesmo o traço sendo significativo para o modelo de acordo com a Tabela 17, o mesmo ao ser gerada a equação o seu coeficiente foi de 0,005, desprezível, portanto este fator foi retirado da equação.

A análise de variância do modelo para a resistência à tração na flexão aos 28 dias está apresentada na tabela 18. Portanto o modelo que produz o  $ft_{28}$ , em MPa, está apresentado na equação 7.

$$ft_{28} = 0,039 + 0,17 * cim + 0,07 * cim * AMR + 0,33 * cim * traço \quad [7]$$

Tabela 18– ANOVA do modelo para a resistência à tração na flexão aos 28 dias de idade.

Efeito	SQ	GDL	MQ	F calculado	Valor de P
Regressão	7,924	3	2,641	236,419	0,000
Resíduos	0,503	45	0,011		
Total	8,426	48			
Total corrigido	3,022	47			

onde: SQ = soma quadrada; GDL= graus de liberdade; MQ = média quadrada; F = Teste de Fisher.

De acordo com a tabela 18 pode-se verificar que o modelo é significativo.

Como já foi explicado anteriormente para uma melhor interpretação do modelo foi analisado separadamente cada fator e as suas interações. Para tanto, variou-se o fator que se gostaria de verificar a sua influência, e se fixou os demais fatores em seu ponto médio. Todos os efeitos isolados para a resistência à tração na flexão aos 28 dias de idade foram determinados a partir da equação 7.

A figura 18 apresenta as tendências dos comportamentos para o efeito isolado para o teor de cimento em relação à resistência à tração na flexão aos 28 dias de idade.

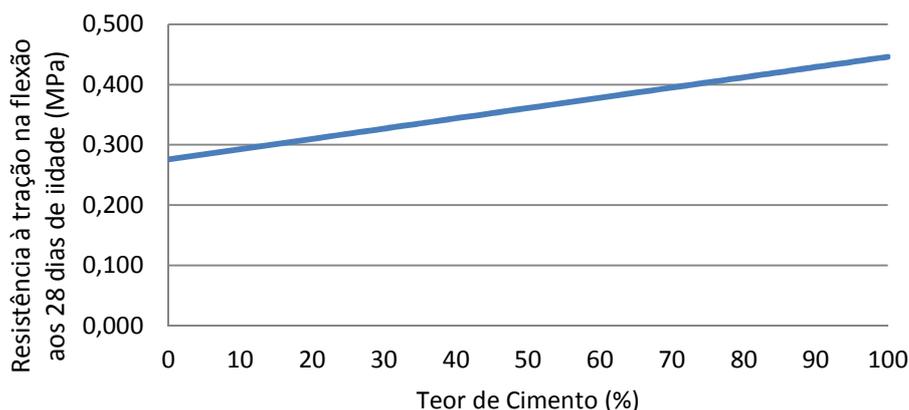


Figura 18- Efeito isolado para o teor de cimento para a resistência à tração na flexão aos 28 dias.

Pode-se verificar na figura 18, que aumento do teor de cimento produz um aumento na resistência à tração na flexão aos 28 dias de idade. Este resultado coaduna com a bibliografia (BARAVESCO, 2001; CARVALHO, 2006) e pelos resultados obtidos nos ensaios de resistência à tração aos 14 dias de idade.

Fazendo um comparativo com os resultados encontrados têm-se que para um teor de 50% de cimento tem há um ganho de 21,5% na resistência em comparação ao teor de 0% de cimento. Sendo assim, para um teor de 100% de cimento, tem-se um aumento de 22,3% em relação ao teor de 50% de cimento, conforme Apêndice J.

Comparando os resultados das resistências à tração na flexão aos 14 dias de idade, figura 15, pode-se observar que houve um leve acréscimo na resistência.

A Figura 19 apresenta o efeito isolado para a interação do teor de cimento com o teor de agregado miúdo reciclado, que foi obtida a partir da equação 6, com o teor de cimento e o teor de agregado miúdo reciclado variando de 0 (0%) a 1 (100%) e o traço foi fixo no seu valor médio de 1,33 (1:4).

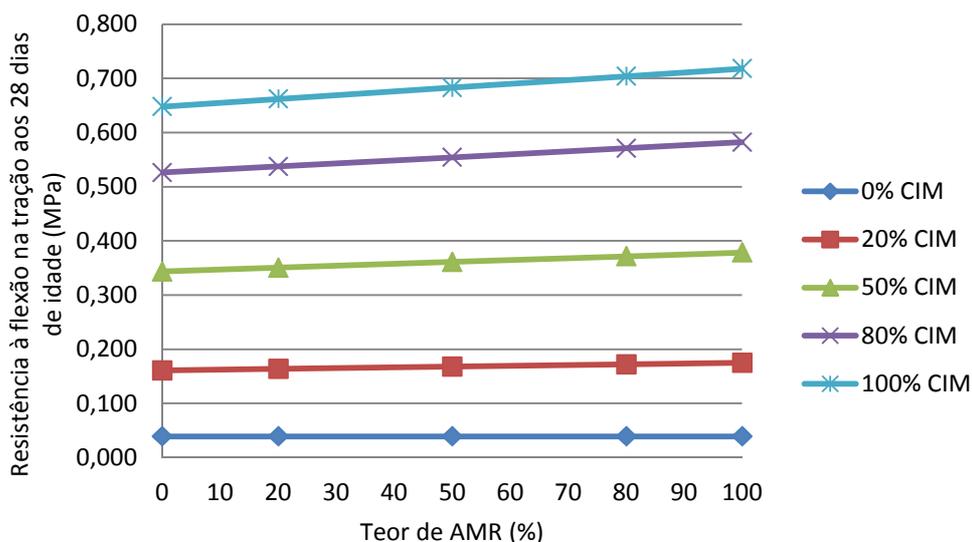


Figura 19 - Efeito isolado para a interação do teor de cimento com o teor de AMR para a resistência à tração na flexão aos 28 dias de idade.

Verificando a figura 19 pode-se observar, à medida que se aumenta o teor de cimento, maior é o valor para a resistência à tração na flexão aos 28 dias de idade. Este resultado coaduna com os resultados obtidos na literatura pesquisada, e com os resultados obtidos para este efeito no ensaio da resistência à tração na flexão aos 14 dias.

Comparando-os com os resultados obtidos para este fator na resistência à tração na flexão aos 14 dias de idade, a tendência do comportamento foi semelhante. Houve um incremento na resistência, ou seja, para um traço de 1:3 com teor de cimento de 50% e o teor de AMR de 50% aos 14 dias de idade a resistência encontrada foi de 0,33 MPa. Já para o mesmo traço aos 28 dias de idade esta resistência obteve o valor de 0,36 MPa, ou seja, um acréscimo de 8,33% na resistência.

Na figura 20 apresenta o efeito isolado para a interação do cimento com o traço, a qual foi obtida a partir da equação 6. Esta figura foi obtida variando os valores dos teores de cimento em 0 (0%) a 1 (100%) e o traço de 1:3, 1:4 e 1:5 (1,67, 1,33 e 1), já para o teor de agregado miúdo reciclado foi fixo no valor médio de 0,5 (50%).

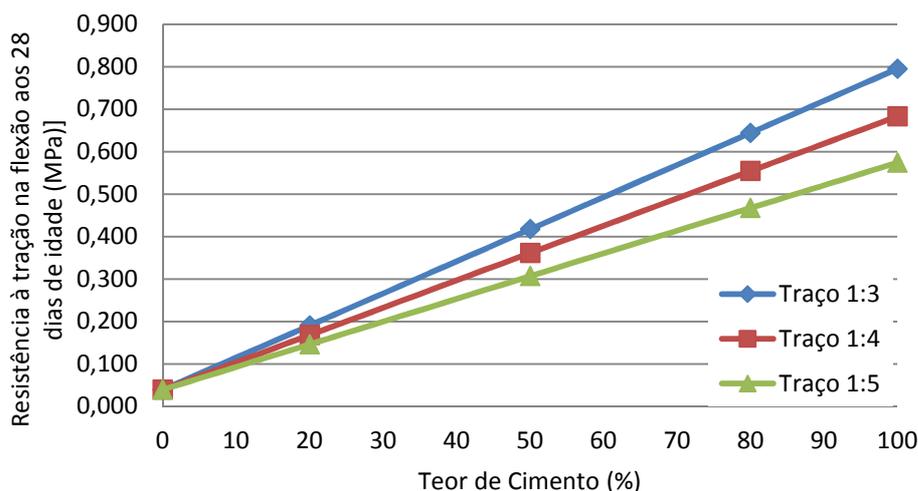


Figura 20 - Efeito isolado para o teor de cimento na interação com o traço em relação à resistência à tração na flexão aos 28 dias de idade.

Pode-se constatar na Figura 20, que há um aumento na resistência à medida que se aumenta os teores de cimento e o traço. Portanto, os proporcionamentos dos materiais influenciaram na resistência à tração na flexão para as argamassas produzidas. A diminuição nas resistências à tração na flexão é mais acentuada quando há um aumento no traço (BARAVESCO, 2001; SILVA, 2006; ASSUNÇÃO et al., 2007; LINTZ et al., 2007).

Conforme Figura 20, pode-se observar que a resistência à tração na flexão aos 28 dias de idade para o teor de 0% de cimento para os traços estudados é a mesma. Os motivos destes resultados são os mesmos encontrados para a resistência à tração na flexão aos 14 dias de idade. Os resultados detalhados para a resistência à tração na flexão aos 28 dias podem ser verificados no Apêndice J.

#### 4.2.2 Resistência à compressão

A seguir estão apresentados às análises estatísticas para a resistência à compressão aos 14 e 28 dias de idade.

##### 4.2.2.1 Resistência à compressão aos 14 dias de idade

De acordo com a Tabela 19, pode-se verificar a ANOVA e a significância de cada fator para o ensaio de resistência à compressão aos 14 dias de idade.

Tabela 19– ANOVA para a resistência à compressão aos 14 dias de idade.

Fatores	SQ	GDL	MQ	F	Valor de P	Significância
cim	2357,405	1	2357,405	435,437	0,000	S
AMR	37,512	1	37,512	6,929	0,010	S
traço	90,036	1	90,036	16,631	0,000	S
cim * AMR	200,492	1	200,492	37,033	0,000	S
cim * traço	111,084	1	111,084	20,518	0,000	S
AMR * traço	56,041	1	56,041	10,351	0,002	S
Erro	481,836	89	5,414			
Total	3325,690	95				

onde: SQ = soma quadrada; GDL= graus de liberdade; MQ = média quadrada;  
F = Teste de Fisher; S = significativa; NS = Não significativa

De acordo com os dados da Tabela 19, pode-se observar que todos os fatores possuem valores estatisticamente significativos. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi de 0,82. Vale salientar que mesmo a interação do cimento com o traço sendo significativa para o modelo de acordo com a Tabela 19, a mesma ao ser gerada a equação o seu coeficiente foi de 0,003, desprezível, portanto este fator foi excluído da equação.

Sendo assim o modelo obtido,  $fc_{14}$ , em MPa, está apresentado na equação 8. A análise de variância do modelo pode ser observada na tabela 20.

$$fc_{14} = 0,2 + 0,35 * cim - 7,21 * AMR + 0,06 * traço + 18,67 * cim * AMR + 6,5 * AMR * traço \quad [8]$$

Tabela 20 – ANOVA do modelo para a resistência à compressão aos 14 dias de idade.

Efeito	SQ	GDL	MQ	F calculado	Valor de P
Regressão	6008,492	4	1502,123	237,164	0,000
Resíduos	582,698	92	6,334		
Total	6591,190	96			
Total corrigido	3325,690	95			

onde: SQ = soma quadrada; GDL= graus de liberdade; MQ = média quadrada;  
F = Teste de Fisher.

De acordo com a tabela 20, pode-se verificar que o modelo é significativo.

Para uma melhor interpretação do modelo, foi analisado separadamente cada fator (variável independente) e as suas interações por meio de gráficos. Para tanto, adotou-

se o mesmo procedimento anterior, ou seja, variou-se o fator que se gostaria de verificar a sua influência e se fixou os demais fatores em seu ponto médio.

A figura 21 apresenta as tendências dos comportamentos dos efeitos isolados para os teores de cimento e AMR em relação à resistência à compressão aos 14 dias de idade.

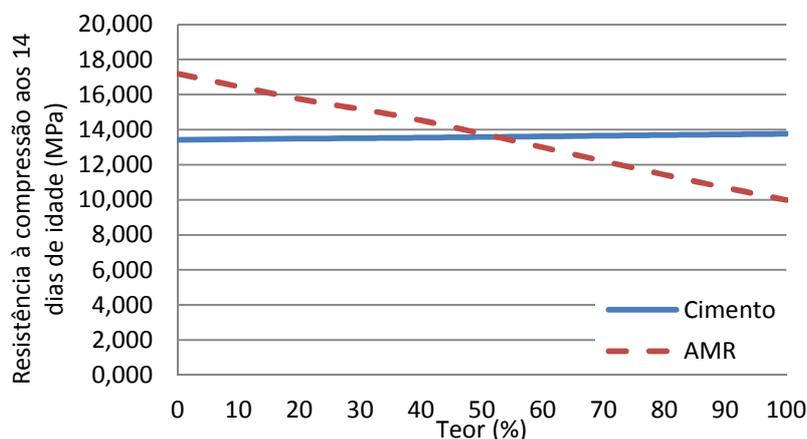


Figura 21 - Efeitos isolados para os teores de cimento e AMR em relação à resistência à compressão aos 14 dias de idade.

Observando a figura 21, pode-se verificar que o acréscimo de cimento produz um leve aumento na resistência à compressão aos 14 dias de idade, assim como o aumento no teor dos agregados miúdos reciclados diminui a resistência à compressão aos 14 dias de idade. Este resultado coaduna com os resultados obtidos por Alencar et al. (2011).

Comparando um teor de 50% de cimento há um acréscimo de 1% na resistência em comparação ao teor de 0% de cimento. Já para um teor de 100% de cimento há um ganho de 1,60% na resistência em comparação ao teor de 50% de cimento. Já para um teor de 50% de agregado miúdo reciclado há um decréscimo de 18,3% na resistência à compressão aos 14 dias de idade em relação ao teor de 0%. Assim como para um teor de 100% de agregado miúdo reciclado há uma perda de 46% na resistência em relação a um teor de 50% de agregado miúdo reciclado.

A figura 22 apresenta o efeito isolado para o traço, o qual foi obtido a partir da equação 8.

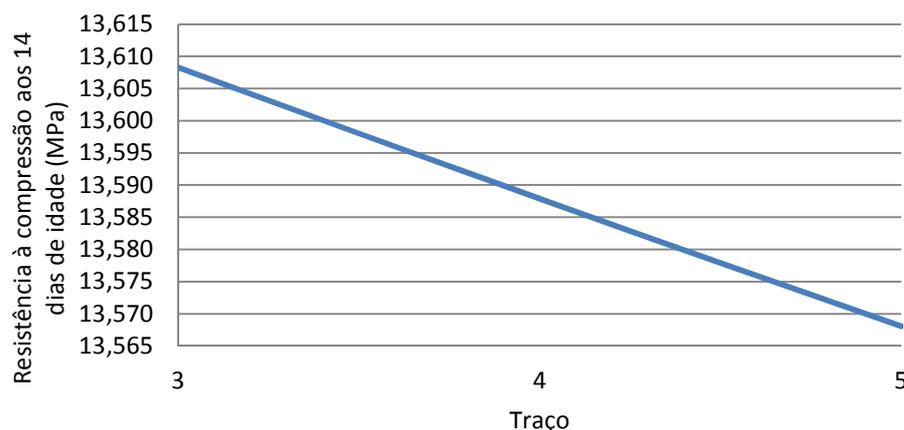


Figura 22 - Efeito isolado para o traço em relação à resistência à compressão aos 14 dias de idade.

Como pode observar na Figura 22 à medida que se aumenta o traço há uma diminuição na resistência à compressão aos 14 dias. Este resultado coaduna com a literatura pesquisada (SILVA, 2006; FERREIRA, 2010).

Comparando os resultados obtidos através do modelo para este efeito isolado, para um traço 1:5 há uma perda de 0,29% na resistência em relação ao traço 1:3.

A figura 23 apresenta o efeito isolado para a interação do teor de cimento com o teor de AMR, obtido a partir da equação 8.

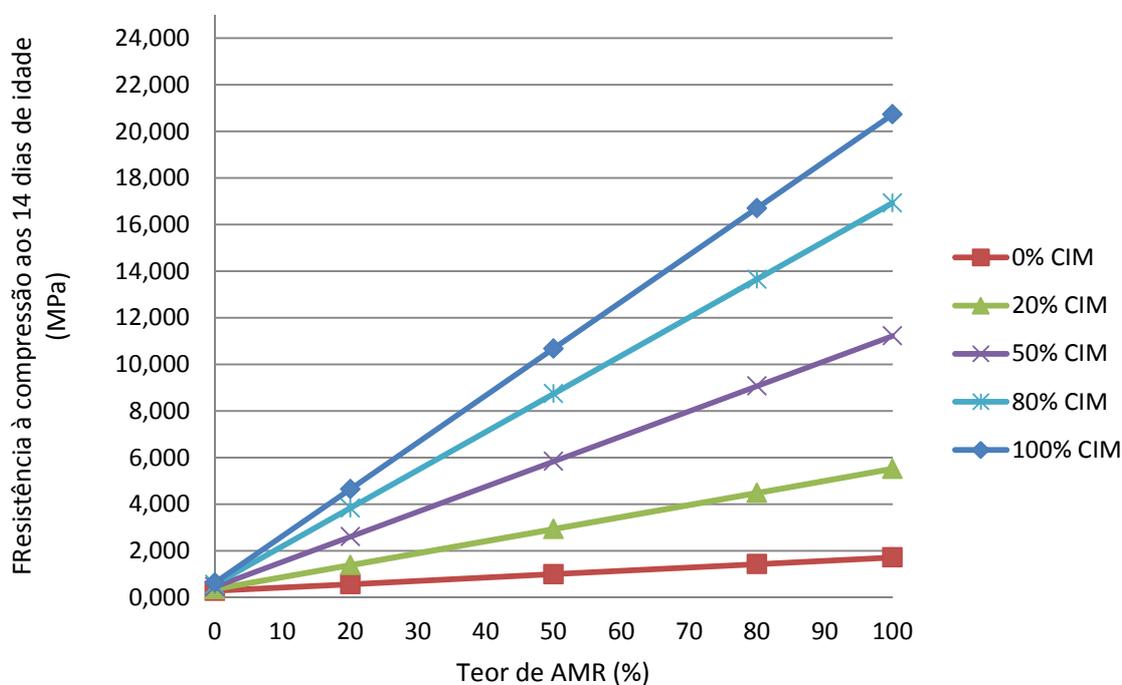


Figura 23- Efeito isolado para a interação do teor de cimento com o teor de AMR em relação à resistência à compressão aos 14 dias de idade.

Verificando os resultados apresentados na figura 23, pode-se constatar que o efeito isolado da interação do teor de cimento com o teor de agregado miúdo reciclado é positivo, ou seja, este aumenta a resistência à compressão aos 14 dias de idade à medida que se aumenta os teores dos fatores da interação.

Verificando os pontos iniciais para todos os teores, há uma pequena diferença que pode ser observada através do Apêndice K, que não são observados na Figura 23 devido ao fator escala do gráfico.

Comparando um teor de 50% de cimento e 100% de agregado miúdo reciclado tem um acréscimo de 172% na resistência em comparação ao teor de 50% de cimento e 0% de agregado miúdo reciclado. Já para um teor de 100% de cimento com 100% de agregado miúdo reciclado há um ganho de 194% na resistência à compressão aos 14 dias de idade em comparação ao teor de 100% de cimento e 50% de agregado miúdo reciclado.

Na figura 24 está apresentado o efeito isolado para a interação do agregado miúdo reciclado com o traço, a qual foi obtida a partir da equação 8.

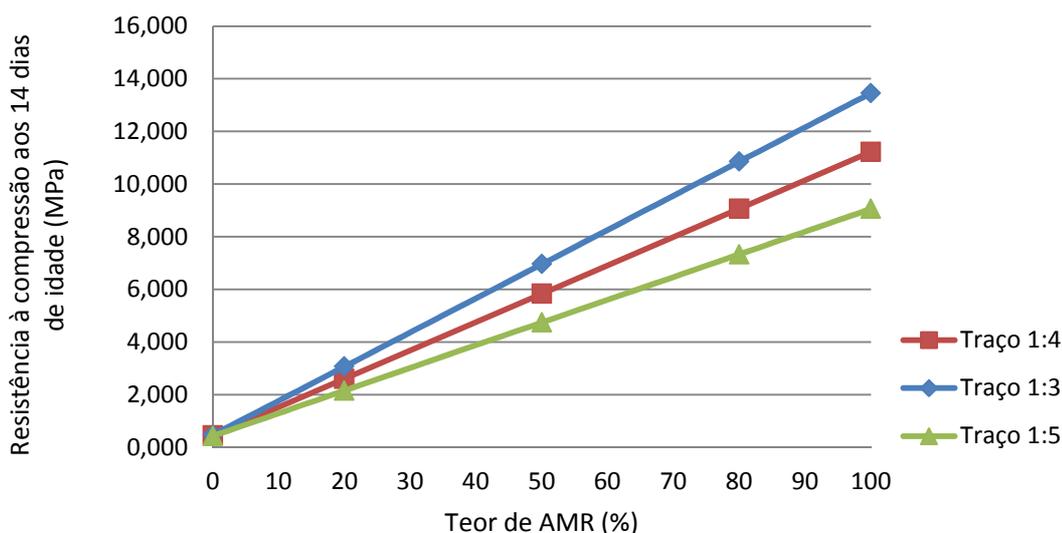


Figura 24 - Efeito isolado para o teor de AMR na interação com o traço em relação à resistência à compressão aos 14 dias de idade.

A Figura 24 apresenta os resultados obtidos da interação do teor do agregado miúdo reciclado com o traço, à medida que há um acréscimo no teor do agregado miúdo reciclado e no traço a resistência à compressão aos 14 dias de idade aumenta. Já para o traço 1:3 a resistência à compressão é maior em relação ao traço 1:5. Este resultado é semelhante com os resultados obtidos por Assunção et al. (2007) e Alencar et al (2011). Vale ressaltar que os autores pesquisaram esta propriedade em argamassas de revestimento

com a utilização de resíduos de areia reciclada foi proveniente de restos de alvenaria (tijolos cerâmicos e argamassas).

Verificando os pontos iniciais para ambos os teores, há uma pequena diferença que pode ser observada através do Apêndice K, que não são observados na Figura 24 devido ao fator escala do gráfico.

Observando as interações nas figuras 23 e 24, pode-se verificar que a interação dos teores de cimento com os teores de agregados miúdos reciclados possuem maiores valores em relação à interação do teor de agregado miúdo reciclado com o traço para resistência à compressão aos 14 dias idade. Isto é coerente, pois esta interação possui um maior coeficiente, como se pode verificar na equação 8. Portanto, observando os valores das resistências à compressão aos 14 dias é possível verificar que o agregado miúdo reciclado quando associado com o cimento possui melhores resultados para este ensaio. Comparando também as interações dos teores de cimento e agregados miúdos em relação ao traço, verificou-se que a interação do teor de cimento com o traço apresentou melhores resultados do que a interação do agregado miúdo reciclado com o traço.

#### 4.2.2.2 Resistência à compressão aos 28 dias de idade

De acordo com a Tabela 21, pode-se verificar a ANOVA e a significância de cada fator para o ensaio de resistência à compressão aos 28 dias de idade.

Tabela 21 – ANOVA para a resistência à compressão aos 28 dias de idade.

Fatores	SQ	GDL	MQ	F	Valor de P	Significância
cim	3624,316	1	3624,316	585,201	0,000	S
AMR	18,131	1	18,131	2,928	0,091	NS
traço	171,959	1	171,959	27,765	0,000	S
cim * AMR	150,167	1	150,167	24,247	0,000	S
cim * traço	201,076	1	201,076	32,467	0,000	S
AMR * traço	36,799	1	36,799	5,942	0,017	S
Erro	551,202	89	6,193			
Total	4739,890	95				

onde: SQ = soma quadrada; GDL= graus de liberdade; MQ = média quadrada; F = Teste de Fisher; S = significativa; NS = Não significativa

De acordo com os dados da Tabela 21, pode-se observar que apenas o fator agregado miúdo reciclado não possui valor estatisticamente significativo. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) inicial foi de 0,8396, ou seja, este indica que o modelo explica 83,96% dos casos para a resistência à compressão aos 28 dias de idade.

Sendo assim o modelo obtido,  $fc_{28}$ , em MPa, está apresentado na equação 9. A análise de variância do modelo pode ser verificada na tabela 22.

$$fc_{28} = -6,99 + 11 * cim + 2,85 * traço + 8,11 * cim * AMR + 5,91 * cim * traço + [9] \\ -0,15 * AMR * traço$$

Tabela 22– ANOVA do modelo para a resistência à compressão aos 28 dias de idade.

Efeito	SQ	GDL	MQ	F calculado	Valor de P
Regressão	9057,326	5	1811,465	216,753	0,000
Resíduos	760,514	91	8,357		
Total	9817,840	96			
Total corrigido	4739,890	95			

onde: SQ = soma quadrada; GDL= graus de liberdade; MQ = média quadrada;  
F = Teste de Fisher.

De acordo com a tabela 22, pode-se observar que o modelo é significativo.

Para uma melhor interpretação do modelo, foi analisado separadamente cada fator (variável independente) e as suas interações por meio de gráficos. Para tanto, variou-se o fator que se gostaria de verificar a sua influência e se fixou os demais fatores em seu ponto médio, ou seja, para o teor de cimento e o teor de agregado miúdo reciclado o valor médio de 0,5 (50%) e 1,33 (1:4) para o traço.

A figura 25 apresenta as tendências dos comportamentos para o efeito isolado do teor de cimento em relação à resistência à compressão aos 28 dias de idade.

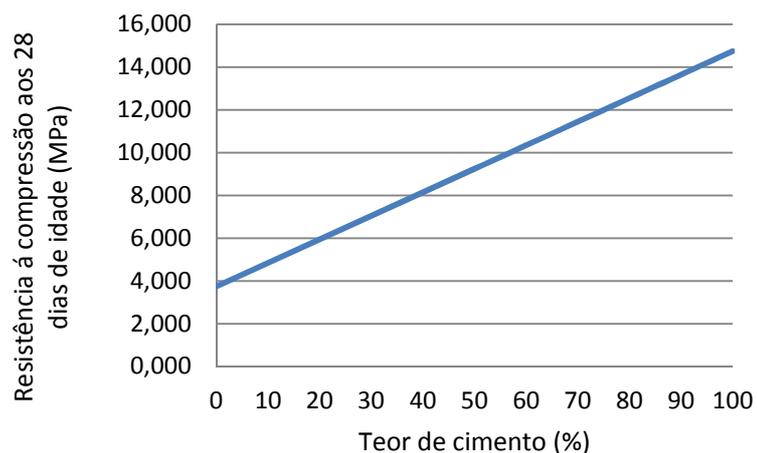


Figura 25 - Efeito isolado para os teor de cimento em relação a resistência à compressão aos 28 dias de idade.

Verificando a figura 25, pode-se observar que o aumento do teor de cimento produz um aumento na resistência à compressão aos 28 dias de idade. Este resultado coaduna com os resultados obtidos por Leite et. al., (2000), Alencar et. al, (2011) e pelos resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão aos 14 dias. Vale ressaltar que Alencar et. al., (2011) analisou esta propriedade utilizando a substituição da areia natural por areia de britagem de rochas basálticas na produção de argamassas de revestimento. Já para Leite et. al., (2000) avaliou esta propriedade para a produção de argamassas.

Comparando um teor de 50% de cimento há um acréscimo de 247% na resistência em comparação ao teor de 0% de cimento. Já para um teor de 100% de cimento há um ganho de 159% na resistência em comparação ao teor de 50% de cimento.

A figura 26 apresenta o efeito isolado para o traço, o qual foi obtido a partir da equação 9. Esta figura foi definida variando os valores do traço de 1:3, 1:4 e 1:5, e fixando os teores de cimento e AMR, em 0,5 (50%), ou seja, nos pontos médios.

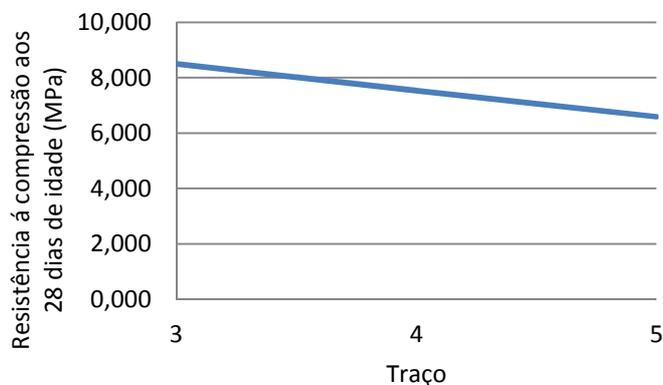


Figura 26 - Efeito isolado para o traço em relação à resistência à compressão aos 28 dias de idade.

A Figura 26 apresenta o mesmo comportamento para a resistência à compressão aos 14 dias de idade. De acordo com o modelo obtido pode-se observar que o coeficiente para o fator traço é negativo, o que ocasiona uma diminuição da resistência à medida que se aumenta o traço. Como já foi relatado este resultado é semelhante com a bibliografia.

Na figura 27 está apresentado o efeito isolado para a interação do teor de cimento com o teor de AMR, em relação à resistência à compressão aos 28 dias de idade.

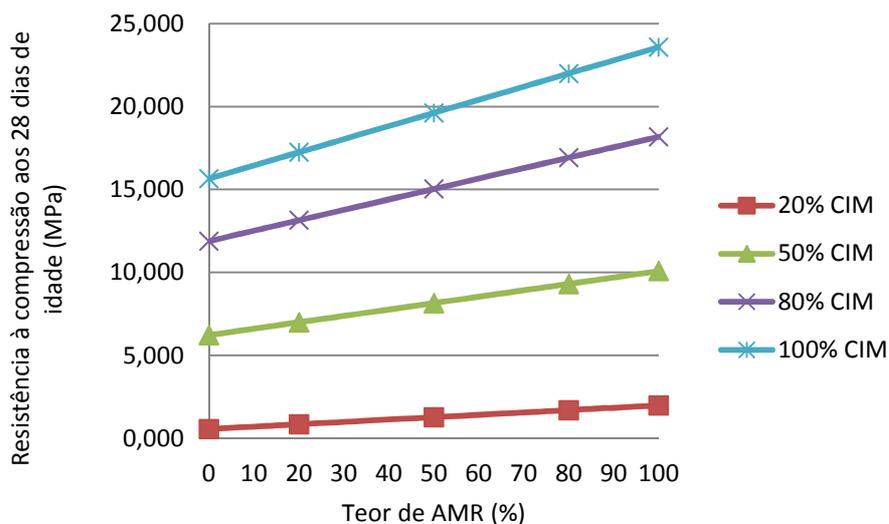


Figura 27 - Efeito isolado para a interação do teor de cimento com o teor de AMR em relação à resistência à compressão aos 28 dias de idade.

Verificando os resultados apresentados na figura 27, pode-se constatar que o efeito isolado da interação do teor de cimento com o teor de agregado miúdo reciclado é positivo, ou seja, este aumenta a resistência à compressão aos 28 dias de idade à medida que se aumenta os teores dos fatores da interação. Este resultado coaduna com a bibliografia (LEITE et. al, 2000; BARAVESCO, 2001; CARVALHO, 2006; SALES e CABRAL, 2009). Isto é semelhante com os resultados obtidos para o modelo da resistência à compressão aos 14 dias de idade e é coerente com os valores brutos, conforme tabela 14, onde pode-se observar que há um aumento na resistência à compressão aos 28 dias em relação aos resultados obtidos na resistência à compressão aos 14 dias.

Comparando um teor de 50% de cimento e 100% de agregado miúdo reciclado tem um acréscimo de 23,6% na resistência em comparação ao teor de 50% de cimento e 0% de agregado miúdo reciclado. Já para um teor de 100% de cimento com 100% de agregado miúdo reciclado há um ganho de 20,2% na resistência à compressão aos 28 dias de idade em comparação ao teor de 100% de cimento e 0% de agregado miúdo reciclado.

Sales e Cabral (2009) verificaram que para argamassas de revestimentos, a substituição de 75% dos agregados naturais por reciclados aumentou em 30% a resistência à compressão.

A figura 28 apresenta o efeito isolado para a interação do cimento com o traço em relação à resistência à compressão aos 28 dias de idade. Este efeito foi obtido a partir da equação 9, variando os teores de cimento nos valores percentuais de 0%, 20%, 50%, 80% e 100%, em massa; e variando os valores do traço de 1:3, 1:4 e 1:5, (1,67, 1,33 e 1), respectivamente.

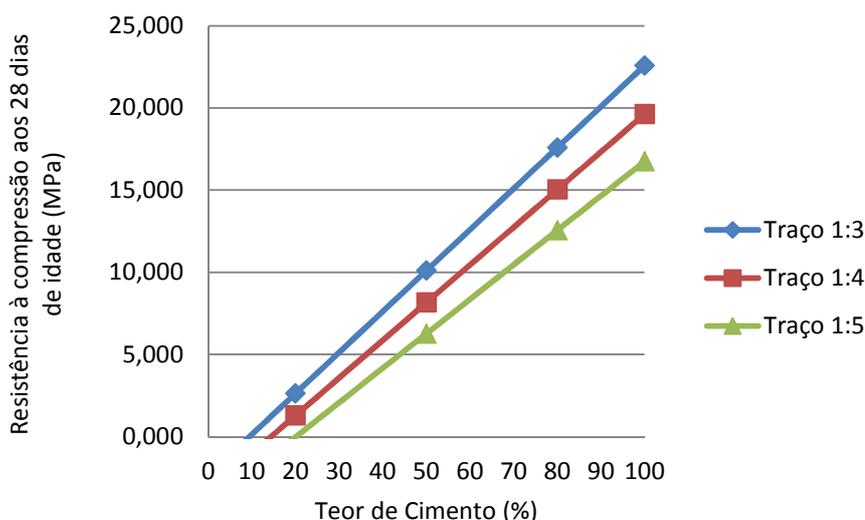


Figura 28 - Efeito isolado para a interação do teor de cimento com o traço em relação à resistência à compressão aos 28 dias de idade.

Conforme pode-se observar na Figura 28, as resistências iniciais para o teor de 0% de cimento seriam negativas o que demonstra uma inconsistência do modelo. Entretanto, pode-se constatar que o efeito isolado da interação do teor de cimento com o traço é positivo, ou seja, esta aumenta a resistência à compressão aos 28 dias de idade à medida que se aumenta o teor de cimento e o traço.

De acordo com a figura 28 e comparando com os resultados encontrados para o mesmo ensaio de resistência à compressão aos 14 dias de idade, pode-se verificar que a tendência do comportamento é semelhante. Estes resultados são semelhantes com os resultados obtidos nas bibliografias (SILVA, 2006; SALES e CABRAL, 2009; MENEZES et. al, 2009).

Na figura 29 está apresentado o efeito isolado para a interação do AMR com o traço em relação à resistência à compressão aos 28 dias de idade, a qual foi obtida a partir da equação 9. Esta figura foi obtida variando os valores dos teores de AMR em 0 (0%) a 1

(100%) e o traço de 3, 4 e 5 (1,67, 1,33 e 1), e o teor de cimento foi fixo no valor médio de 0,5 (50%).

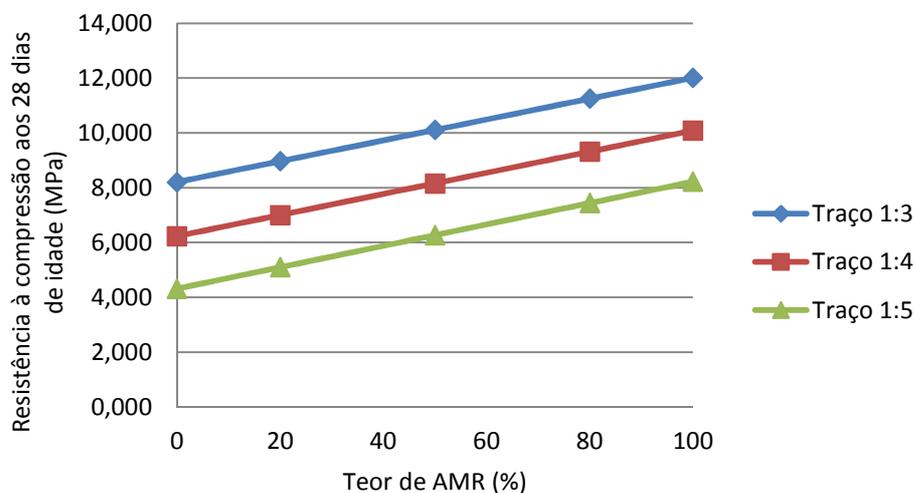


Figura 29- Efeito isolado para o teor de AMR na interação com o traço em relação à resistência à compressão aos 28 dias de idade.

Como pode-se verificar na figura 29, à medida que aumentam-se os teores da interação do agregado miúdo reciclado com o traço, aumenta-se a resistência à compressão aos 28 dias de idade, resultado este semelhante aos resultados encontrados no ensaio de resistência à compressão aos 14 dias de idade.

No Apêndice L encontram-se as tabelas das interações do: agregado miúdo reciclado com cimento; cimento com o traço; e do agregado miúdo reciclado com o traço para a resistência à compressão aos 28 dias de idade.

Os ganhos de resistência das argamassas contendo teores de cimento, de cal hidratada e dos resíduos podem estar relacionados inicialmente com a maior compactação das argamassas em virtude do aumento da quantidade de finos das misturas (ANGELIM, 2003). Neste caso, as argamassas com traços 1:3 com teores de cal iguais as de cimento obtiveram resultados satisfatório. Estes resultados obtidos estão de acordo com estudos realizados por MELO et al., (2007) e MENEZES et al., (2009).

No estudo de Sales e Cabral (2009), as argamassas que tiveram a substituição total ou parcial dos agregados miúdos naturais por agregados miúdos reciclados apresentaram melhor desempenho, em termos de resistência mecânica à compressão. Cabe salientar que estes autores realizaram pesquisas em argamassas de revestimento com substituições parciais e totais do agregado convencional por agregado obtido por

reciclagem de resíduos da classe A de uma construção em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos.

#### 4.2.3 Resistência à aderência à tração aos 58 dias de idade

Os resultados individuais para os ensaios de resistência à aderência à tração aos 58 dias de idade de cada argamassa produzida encontram-se no Apêndice G.

De acordo com a Tabela 23, pode-se verificar a análise de variância (ANOVA) e a significância de cada fator para o ensaio de resistência à aderência à tração aos 58 dias de idade.

Tabela 23 – ANOVA para a resistência à aderência à tração aos 58 dias de idade.

Fatores	SQ	GDL	MQ	F	Valor de P	Significância
cim	0,185	1	0,185	40,011	0,000	S
AMR	0,118	1	0,118	25,483	0,000	S
traço	0,087	1	0,087	18,792	0,000	S
cim * AMR	0,076	1	0,076	16,406	0,000	S
cim * traço	0,001	1	0,001	0,163	0,688	NS
AMR * traço	0,018	1	0,018	3,816	0,057	NS
Erro	0,222	48	0,005			
Total	0,714	54				

onde: SQ = soma quadrada; GDL= graus de liberdade; MQ = média quadrada; F = Teste de Fisher; S = significante; NS = Não significante

De acordo com os dados da tabela 23, pode-se observar que os fatores: cimento, agregado miúdo reciclado, traço, interação do cimento com o agregado miúdo reciclado possuem valores estatisticamente significativos. Já os fatores: interação do cimento com o traço e a interação do agregado miúdo reciclado com o traço não possuíram valores estatisticamente significativos, pois possuem o valor de “p” superiores a 0,05. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi de 0,69, ou seja, este indica que o modelo explica 69% dos casos para a resistência à aderência à tração aos 58 dias de idade. Foram necessários ajustes no modelo inicial. Foram retiradas seis amostras, conforme Apêndice G.

Sendo assim, o modelo produzido para o Ra, em MPa, está apresentado na equação 10. A análise de variância do modelo pode ser verificada na tabela 24.

$$Ra = 0,13 + 0,01 * cim - 0,39 * AMR + 0,08 * traço + 0,74 * cim * AMR \quad [10]$$

Tabela 24 – ANOVA do modelo para a resistência à aderência à tração aos 58 dias de idade.

Efeito	SQ	GDL	MQ	F calculado	Valor de P
Regressão	5,064	1	5,064	933,254	0,000
Resíduos	0,293	54	0,005		
Total	5,357	55			
Total corrigido	0,714	54			

onde: SQ = soma quadrada; GDL= graus de liberdade; MQ = média quadrada;  
F = Teste de Fisher.

Sendo assim, a análise de variância do modelo é significativa, conforme tabela 24.

Novamente, para uma melhor interpretação do modelo, foi analisado separadamente cada variável independente (fator) e suas interações por meio de gráficos. Para tanto, variou-se o fator que se gostaria de verificar a sua influência e se fixou os demais fatores em seu ponto médio. Todos os efeitos isolados foram determinados a partir da equação 9.

A figura 30 apresenta as tendências dos comportamentos dos efeitos isolados para os teores de cimento e dos agregados miúdos reciclados em relação à resistência à aderência à tração aos 58 dias de idade.

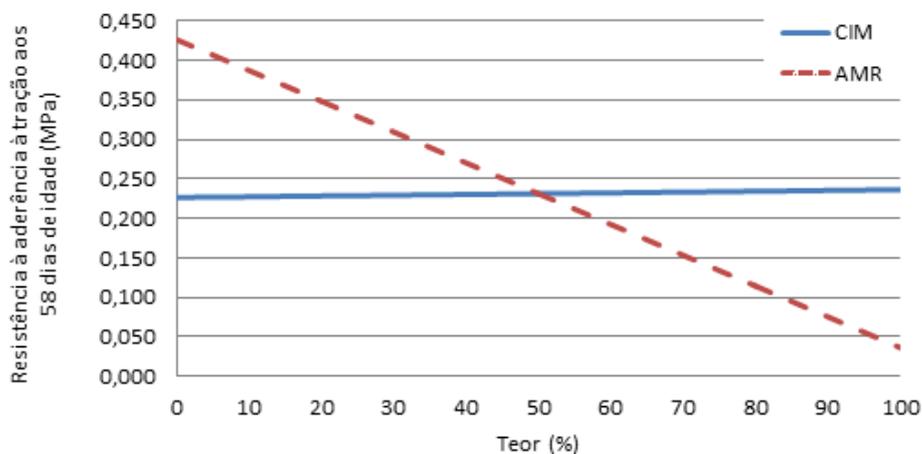


Figura 30 - Efeitos isolados para os teores de cimento e AMR em relação à resistência à aderência à tração aos 58 dias de idade.

Conforme apresenta a figura 30, pode-se verificar que o acréscimo de cimento produz um leve aumento na resistência à aderência na tração aos 58 dias de idade. Este resultado é coerente com a bibliografia (CARASEK, 1997; BARAVESCO, 2001; NAKAKURA & CINCOTTO, 2004; SILVA, 2006; CARASEK, 2007).

Verificando a figura 30, pode-se observar com o aumento do teor do agregado miúdo reciclado, há uma acentuada diminuição na resistência à aderência aos 58 dias.

Comparando os teores tem-se que: para um teor de 50% de cimento tem um acréscimo de 2,16% na resistência em comparação ao teor de 0% de cimento. Já para um teor de 100% de cimento há um ganho de 2,1% na resistência à aderência à tração aos 58 dias de idade. Fazendo o mesmo comparativo para o agregado miúdo reciclado tem-se que para um teor de 50% há uma diminuição de 45,8% na resistência e para um teor de 100% de agregado miúdo reciclado a perda é de 84,4%.

Na figura 31 está apresentado o efeito isolado para o traço em relação à resistência à aderência à tração aos 58 dias de idade.

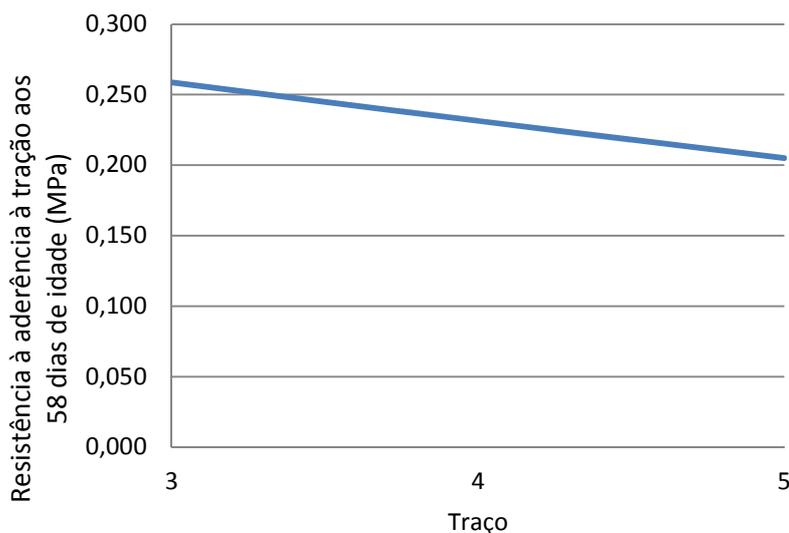


Figura 31 - Efeitos isolados para o traço em relação à resistência à aderência à tração aos 58 dias de idade.

Observando a figura 31, pode-se verificar que com o aumento do traço, há uma diminuição na resistência à aderência aos 58 dias, isto se deve ao fato das argamassas se tornarem mais pobres de aglomerantes. Este resultado é coerente com a bibliografia, pois Silva (2006) constatou que à medida que se aumenta a relação cal/cimento e a relação agregado/aglomerante, a resistência de aderência à tração diminui.

Na figura 32 está apresentado o efeito isolado para a interação do teor de cimento com o teor de agregado miúdo reciclado em relação à resistência à aderência à tração aos 58 dias de idade.

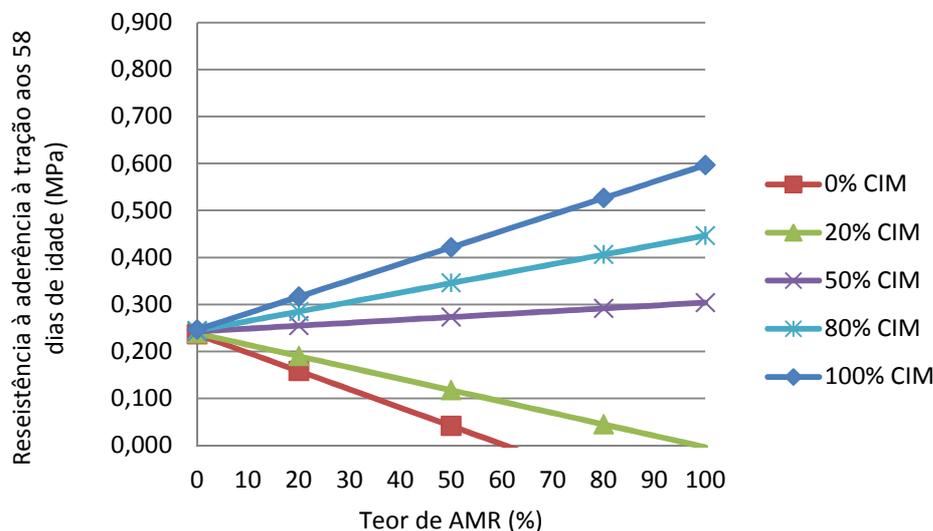


Figura 32 - Efeitos isolados para a interação dos teores de cimento e AMR em relação à resistência à aderência à tração aos 58 dias de idade.

Verificando os resultados apresentados na figura 32, pode-se constatar que o efeito isolado da interação do teor de cimento com o teor de agregado miúdo reciclado é positivo à medida em que se aumenta o teor de agregado miúdo reciclado na mistura. Entretanto, para teores de cimento inferiores a 53%, o aumento do teor de agregado miúdo na mistura acarreta no decréscimo na resistência à aderência à tração aos 58 dias de idade.

Verificando os pontos iniciais para todos os teores, há uma pequena diferença que pode ser observada através do Apêndice M, que não são observados na Figura 32 devido ao fator escala do gráfico.

### 4.3 Avaliação da fissuração

Os resultados individuais para os ensaios de resistência à aderência à tração aos 58 dias de idade de cada argamassa produzida encontram-se no Apêndice H.

Na tabela 25 estão apresentados os resultados dos somatórios dos comprimentos linear das fissuras para cada argamassa produzida.

Tabela 25 – Resultados dos somatórios dos comprimentos linear das fissuras para cada argamassa produzida.

Nº TRAÇO	Aglomerante		Agregado Miúdo		TRAÇO	Comprimento Total (m)
	% cim	% cal	% natural	% reciclado		
1	20%	80%	80%	20%	1 : 3	2,56
2	20%	80%	80%	20%	1 : 5	5,75
3	80%	20%	80%	20%	1 : 3	1,60
4	80%	20%	80%	20%	1 : 5	0,80
5	20%	80%	20%	80%	1 : 3	3,20
6	20%	80%	20%	80%	1 : 5	3,75
7	80%	20%	20%	80%	1 : 3	1,36
8	80%	20%	20%	80%	1 : 5	0,78
9	50%	50%	50%	50%	1 : 4	2,40
10	50%	50%	100%	0%	1 : 4	2,16
11	50%	50%	0%	100%	1 : 4	3,10
12	0%	100%	50%	50%	1 : 4	7,04
13	100%	0%	50%	50%	1 : 4	1,32
14	50%	50%	50%	50%	1 : 3	2,16
15	50%	50%	50%	50%	1 : 5	3,78
16	50%	50%	50%	50%	1 : 4	2,76

De acordo com a Tabela 26, pode-se verificar a ANOVA e a significância de cada fator para o somatório dos comprimentos das fissuras aos 58 dias.

Tabela 26 – ANOVA para o somatório dos comprimentos das fissuras aos 58 dias.

Fatores	SQ	GDL	MQ	F	Valor de P	Significância
cim	15,506	1	15,506	32,457	0,000	S
AMR	0,019	1	0,019	0,040	0,847	NS
traço	1,358	1	1,358	2,842	0,130	NS
cim * AMR	0,043	1	0,043	0,091	0,771	NS
cim * traço	2,375	1	2,375	4,971	0,056	NS
AMR * traço	0,495	1	0,495	1,037	0,338	NS
Erro	3,822	8	0,478			
Total	24,276	14				

onde: SQ = soma quadrada; GDL= graus de liberdade; MQ = média quadrada; F = Teste de Fisher; S = significante; NS = Não significante

De acordo com os dados da Tabela 26, pode-se observar que apenas o fator cimento possui valor estatisticamente significativo, pois possui o valor de p inferior a 0,05. O modelo inicial necessitou de ajustes sendo necessário excluir o traço de número: 12, pois estes possuíam valor dos resíduos padronizados acima do módulo de 1,96. O coeficiente de

determinação ( $R^2$ ) para o modelo ajustado foi de 0,63, ou seja, este indica que o modelo explica 63% dos casos para a avaliação da fissuração aos 58 dias de idade.

O modelo obtido para o  $\sum$  *fissuras*, em metros, está apresentado na equação 11. A análise de variância do modelo pode ser verificada na tabela 27.

$$\sum \text{fissuras} = 4,63 - 3,99 * \text{cim} \quad [11]$$

Tabela 27– ANOVA do modelo para a avaliação da fissuração aos 58 dias.

Efeito	SQ	GDL	MQ	F calculado	Valor de P
Regressão	108,839	2	54,420	77,856	0,000
Resíduos	9,087	13	0,699		
Total	117,926	15			
Total corrigido	24,276	14			

onde: SQ = soma quadrada; GDL= graus de liberdade; MQ = média quadrada; F = Teste de Fisher.

De acordo com a tabela 27, pode-se observar que o modelo é significativo.

A figura 33 apresenta a tendência do comportamento do efeito isolado para o teor de cimento em relação ao somatório dos comprimentos das fissuras aos 58 dias.

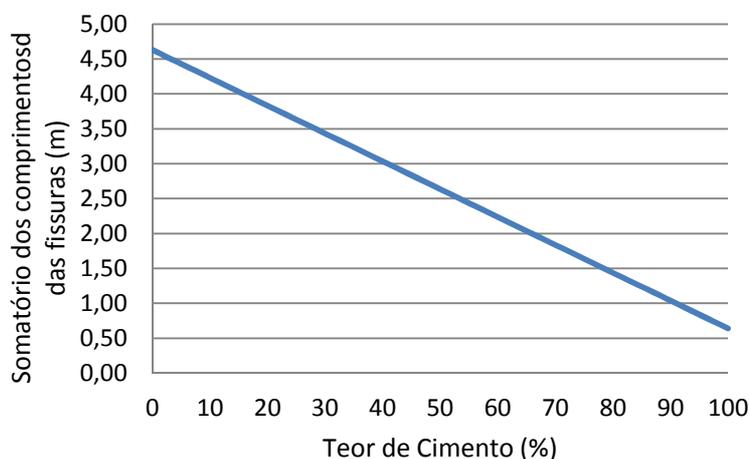


Figura 33 - Efeitos isolados para o teor de cimento em relação ao somatório dos comprimentos das fissuras aos 58 dias

Verificando a Figura 33 pode-se observar que à medida em que há um acréscimo no teor de cimento, há uma diminuição no somatório das fissuras. Este resultado é coerente com os resultados obtidos da pesquisa realizada por Miranda (2000).

Os resultados obtidos, Apêndice H, demonstram que os traços que possuem uma relação água/aglomerante maior, possuíram um comprimento linear maior. Assim como os traços com elevados teores de cal hidratada, necessitaram de uma quantidade de água maior e conseqüentemente o somatório do comprimento das fissuras também foi maior.

Segundo os autores Miranda (2000), Bastos (2001), Silva (2006) e Guacelli (2010), quanto maior a presença de finos nas argamassas, maiores são as incidências de fissuras visíveis nos revestimentos produzidos. Para os mesmos autores, as fissuras podem ter sido ocasionadas, devido a vários fatores, tais como: pela evaporação da água de amassamento; e pelas características e proporcionalidade dos materiais constituintes, a espessura do revestimento, número e intervalos de camada.

#### 4.4 Avaliação de custos das argamassas produzidas

Na tabela 28 estão apresentados a variação dos custos das argamassas produzidas em comparação com as argamassas da tabela de composições de custos do Estado do Ceará – SEINFRA, para os traços 1:3, 1: 4 e 1:5, tendo como referência as argamassas com cimento e agregado miúdo natural, conforme Anexo A.

Tabela 28 – Custos das argamassas produzidas.

Nº TRAÇO	Aglomerante		Agregado Miúdo		TRAÇO	R\$/m <sup>2</sup> SEINFRA	R\$/m <sup>2</sup> Pesquisa	Diferença de Custos (R\$)	Varição de Custos (%)
	% cim	% cal	% natural	% reciclado		(I)	(II)	(I) – (II)	(%)
1	20%	80%	80%	20%	1 : 3	R\$ 15,61	R\$ 14,17	R\$ 1,44	- 9,21%
2	20%	80%	80%	20%	1 : 5	R\$ 14,06	R\$ 13,03	R\$ 1,03	- 7,32%
3	80%	20%	80%	20%	1 : 3	R\$ 15,61	R\$ 13,81	R\$ 1,80	- 11,53%
4	80%	20%	80%	20%	1 : 5	R\$ 14,06	R\$ 12,80	R\$ 1,26	- 8,97%
5	20%	80%	20%	80%	1 : 3	R\$ 15,61	R\$ 13,91	R\$ 1,70	- 10,89%
6	20%	80%	20%	80%	1 : 5	R\$ 14,06	R\$ 12,77	R\$ 1,29	- 9,20%
7	80%	20%	20%	80%	1 : 3	R\$ 15,61	R\$ 13,55	R\$ 2,06	- 13,22%
8	80%	20%	20%	80%	1 : 5	R\$ 14,06	R\$ 12,53	R\$ 1,53	- 10,85%
9	50%	50%	50%	50%	1 : 4	R\$ 14,64	R\$ 13,23	R\$ 1,41	- 9,65%
10	50%	50%	100%	0%	1 : 4	R\$ 14,64	R\$ 14,36	R\$ 0,28	- 1,91%
11	50%	50%	0%	100%	1 : 4	R\$ 14,64	R\$ 12,89	R\$ 1,75	- 11,99%
12	0%	100%	50%	50%	1 : 4	R\$ 14,64	R\$ 13,47	R\$ 1,17	- 8,02%
13	100%	0%	50%	50%	1 : 4	R\$ 14,64	R\$ 12,99	R\$ 1,65	- 11,28%
14	50%	50%	50%	50%	1 : 3	R\$ 15,61	R\$ 13,86	R\$ 1,75	- 11,21%
15	50%	50%	50%	50%	1 : 5	R\$ 14,06	R\$ 12,78	R\$ 1,28	- 9,08%
16	50%	50%	50%	50%	1 : 4	R\$ 15,87	R\$ 13,23	R\$ 2,64	- 16,65%

Na Tabela 29, encontram-se os resultados para a análise de variância (ANOVA) para o módulo da variação dos custos das argamassas produzidas.

Tabela 29 – ANOVA para o módulo da variação dos custos das argamassas produzidas.

Fatores	SQ	GDL	MQ	F	Valor de P	Significância
cim	10,118	1	10,118	49,561	0,000	S
AMR	7,189	1	7,189	35,214	0,001	S
traço	10,512	1	10,512	51,490	0,000	S
cim * AMR	0,237	1	0,237	1,160	0,317	NS
cim * traço	0,439	1	0,439	2,148	0,186	NS
AMR * traço	0,015	1	0,015	0,073	0,795	NS
Erro	1,429	7	0,204			
Total	35,265	13				

onde: SQ = soma quadrada; GDL= graus de liberdade; MQ = média quadrada; F = Teste de Fisher; S = significativa; NS = Não significativa

De acordo com os dados da Tabela 29, pode-se observar que os fatores: cimento, agregado miúdo reciclado e o traço possuem valores estatisticamente significativos, pois possuem o valor de p inferior a 0,05. O modelo inicial necessitou de ajustes sendo necessário excluir os traços de número: 10 e 15, pois estes apresentaram valores dos resíduos padronizados acima do módulo de 1,96. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para o modelo ajustado foi de 0,81, ou seja, este indica que o modelo explica 81% dos casos para a variação dos custos das argamassas produzidas.

Sendo assim o modelo obtido, *Custos*, em percentual, está apresentado na equação 12. A análise de variância do modelo pode ser verificada na tabela 30.

[12]

$$Custos = 8,97 + 2,61 * cim - 3,77 * AMR + 1,29 * traço$$

Tabela 30 – ANOVA do modelo para o módulo da variação dos custos das argamassas produzidas.

Efeito	SQ	GDL	MQ	F calculado	Valor de P
Regressão	108,839	2	54,420	77,856	0,000
Resíduos	9,087	13	0,699		
Total	117,926	15			
Total corrigido	24,276	14			

onde: SQ = soma quadrada; GDL= graus de liberdade; MQ = média quadrada; F = Teste de Fisher.

De acordo com a tabela 30, pode-se observar que o modelo é significativo.

Para uma melhor interpretação do modelo, foi analisado separadamente cada fator (variável independente) e as suas interações por meio de gráficos. Para tanto, variou-se o fator que se gostaria de verificar a sua influência e se fixou os demais fatores em seu ponto médio, ou seja, para o teor de cimento e o teor de agregado miúdo reciclado o valor médio de 0,5 (50%) e para o traço este foi de 1,33 (1:4).

A figura 34 apresenta as tendências dos comportamentos para os efeitos isolados dos teores de cimento e agregado miúdo reciclado em relação ao módulo da variação dos custos das argamassas produzidas, o qual foi obtido a partir da equação 12.

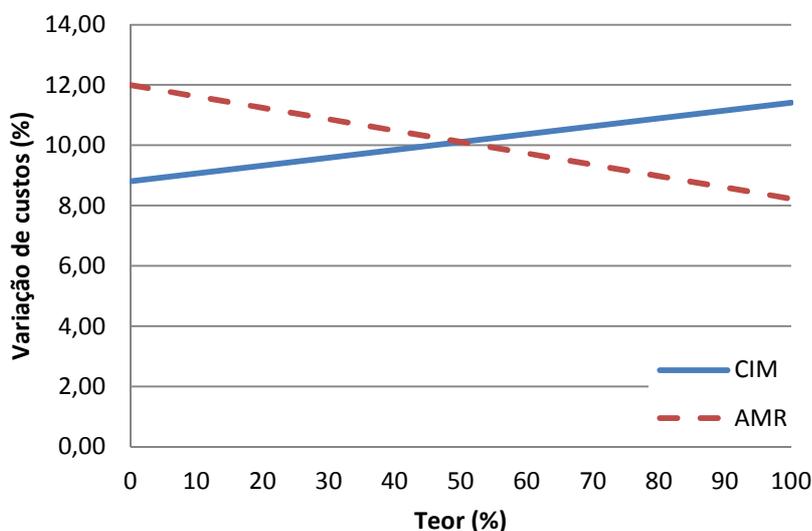


Figura 34 - Efeitos isolados para os teores de cimento e agregado miúdo reciclado em relação ao módulo da variação dos custos das argamassas produzidas.

Verificando a figura 34, pode-se observar que o acréscimo do teor de cimento produz um aumento nos custos das argamassas. Assim como, pode-se verificar que à medida que os teores dos agregados miúdos reciclados aumentam, há uma diminuição nos custos.

A figura 35 apresenta o efeito isolado para o traço, o qual foi obtido a partir da equação 12. Esta figura foi definida variando os valores do traço de 3, 4 e 5, e fixando os teores de cimento e AMR, em 0,5 (50%), ou seja, nos pontos médios.

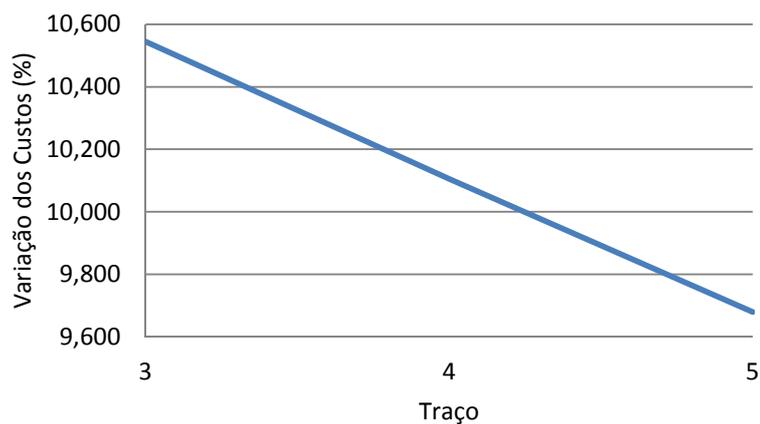


Figura 35 - Efeito isolado para o traço em relação ao módulo da variação dos custos das argamassas produzidas.

Pelo modelo obtido, equação 12, pode-se observar que o coeficiente para o fator agregado miúdo reciclado é negativo, o que ocasiona uma diminuição nos custos das argamassas produzidas.

Argamassas com teores com 61% de cimento e 100% de agregado miúdo reciclado para o traço 1:3 possui valor mínimo exigido pela norma para revestimento externo de 0,30MPa e seu custo é cerca de 8,50% menor do que a argamassa de referência com 100% de cimento e 100% de agregado miúdo natural.

## 5 - CONCLUSÕES

Após a análise dos resultados obtidos e apresentados nos capítulos anteriores foi possível analisar que os resíduos de concreto possuem um elevado potencial de reutilização. A seguir estão apresentadas as conclusões para cada ensaio realizado:

a) Quanto à caracterização:

- A massa unitária do agregado miúdo reciclado é 5,48% inferior à massa unitária da areia natural;
- Nos ensaios de granulometria realizados e apresentados os resíduos de concreto foram classificados como areia média, o que possibilita sua utilização como agregado miúdo, para produção de argamassas de revestimento;
- No ensaio de determinação do material pulverulento verificou-se que a quantidade deste material é bem superior nos agregados miúdo reciclado em relação à areia natural, o que faz com que as argamassas produzidas com entulho consumam mais água;
- A absorção de água obtida para os agregados miúdos reciclados é superior à taxa para os agregados miúdos naturais. Esta para os agregados miúdos reciclados é de 3,43 vezes maior do que a do agregado miúdo natural.

b) Quanto à determinação da perda de trabalhabilidade com o tempo após 5 e 10 minutos:

- Para o tempo após 5 minutos, apenas o fator cimento foi significativo. E foi verificado que o acréscimo de cimento produz uma diminuição da redução do espalhamento após cinco minutos.
- Para o tempo após 10 minutos, não foi gerado nenhum modelo, pois todos os valores encontrados ficaram abaixo da variação adotada de 260mm a 280mm.

- c) Quanto à resistência à tração na flexão aos 14 e 28 dias de idade.
- O acréscimo do teor de cimento produz um aumento na resistência à tração na flexão quanto ao seu efeito isolado, em ambas as idades;
  - Houve uma melhora nas resistências à medida que aumentaram os teores de cimento e dos agregados miúdos reciclados, na interação e no efeito isolado do cimento, em ambas as idades;
  - A interação dos teores de cimento com o traço apresentaram melhoras na resistência em relação à interação dos teores de cimento com os agregados miúdos;
  - O agregado miúdo reciclado só possui significância quando associado com o cimento;
  - O traço quando associado com o cimento possui bons resultados.
- d) Quanto à resistência à compressão aos 14 e 28 dias de idade.
- As argamassas com teor de substituição total ou parcial dos agregados miúdos naturais por agregados miúdos reciclados apresentaram melhor desempenho;
  - As resistências à compressão para elevados isolados dos teores de cimento e dos agregados miúdos reciclados são inversos, ou seja, à medida que o teor de cimento aumenta há um leve ganho de resistência. Já para o acréscimo no teor de agregado miúdo reciclado há uma grande diminuição na resistência à compressão em ambas as idades.
- e) Quanto à resistência à aderência aos 58 dias de idade;
- As argamassas produzidas com maiores teores de agregados miúdos reciclados apresentaram resistências superiores em relação às argamassas produzidas com agregado miúdos naturais;
  - Teores de agregado miúdo reciclado acima de 61% com teores de cimento acima de 50% possuem valores das resistências à aderência maiores do que os exigidos pela norma que é 0,30 MPa.

f) Quanto à avaliação da fissuração:

- Traços de argamassas que possuíram uma relação água/aglomerante maior possuíram um maior comprimento linear das fissuras;
- Traços com elevados teores de cal hidratada necessitaram de uma quantidade de água maior e conseqüentemente o somatório do comprimento das fissuras também foi maior;
- Argamassas produzidas com um maior teor de substituição de cal e areia reciclada apresentaram uma maior quantidade de água do que as argamassas produzidas com cimento e agregado miúdo natural.
- Ocorreram maiores comprimentos lineares das fissuras nos revestimentos para as argamassas preparadas uma maior quantidade de agregado miúdo reciclado, devido à presença da quantidade de material pulverulento presente na areia reciclada o que ocasiona um aumento das partículas finas na mistura do agregado miúdo natural.

g) Quanto à avaliação da relação de custos:

- Todas as argamassas obtiveram um custo inferior em relação às de referências.

Os resultados obtidos nesta pesquisa ressaltam as potencialidades da utilização dos agregados miúdos reciclados em substituição dos agregados miúdos naturais quando utilizados para a produção de argamassas de revestimento.

## 6 - SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Avaliar a influência da permeabilidade nos revestimentos;
- Avaliar a durabilidade dos revestimentos;
- Aprofundar estudos para verificar a correlação entre módulo de elasticidade com resistências de compressão, de tração na flexão e de aderência à tração no controle da fissuração nos revestimentos das argamassas;
- Verificar a influência na retração plástica e por secagem e, conseqüentemente, no surgimento de fissuras no revestimento de argamassa com maiores teores de cal e agregados miúdos devido à sucção de diferentes tipos de substrato;
- Verificar a influência do comportamento no ensaio à aderência à tração para diferentes tipos de substrato;
- Avaliar a retenção de água nas argamassas produzidas com elevados teores de agregados miúdos reciclados de concreto;
- Aprofundar estudos para verificar a correlação entre agregados miúdos reciclado de concreto e/ou materiais cerâmicos quanto aos ensaios de resistências de tração na flexão, compressão e de aderência à tração.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, T. F. F.; GOMES, P. C. C.; ESPÍNDOLA, A. C.; SILVA, H. H. M.; SANTOS, K A. N. **Produção de argamassas com resíduo de construção civil para uso em revestimento**. Anais do Encontro Nacional sobre Aproveitamento de Resíduos – ENARC, Maceio-AL, 12 p. 2011.

ALVES, N. J. D. **Avaliação dos aditivos incorporadores de ar em argamassas de revestimento**. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2002, 175p.

ANGELIM, Renato R.; ANGELIM, Susane C. M.; CARASEK, Helena; **Influência da adição de finos calcários, silicosos e argilosos na propriedades das argamassas e dos revestimentos**. V Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas – SBTA, São Paulo-SP, 2003.

ÂNGULO, S. C. et al. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados separados por líquidos densos**. Anais. In: I Conferência Latino Americana de Construção Sustentável. São Paulo, 2004, 13 p.

ÂNGULO, S.; JONH, V. M. **Requisitos para execução de aterros de resíduos de construção e demolição**. Boletim técnico n. 4368. São Paulo: Escola Politécnica de São Paulo, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7175: Cal hidratada para argamassas – requisitos. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_, NBR NM 27 - Redução de amostras de campo para ensaio de laboratório. Rio de Janeiro, 2001.

\_\_\_\_\_, NBR NM 30 - Determinação da absorção de água dos agregados miúdos. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_, NBR NM 45 - Determinação da massa unitária dos agregados. Rio de Janeiro, 2006.

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

\_\_\_\_\_, NBR NM 52: Determinação de absorção de água em agregados miúdos. Rio de Janeiro, 2003.

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

\_\_\_\_\_, NBR 7219– Determinação do teor de materiais pulverulentos nos agregados – Método de Ensaio. 1982

\_\_\_\_\_, NBR 9206: Cal hidratada para argamassas - Determinação da plasticidade. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_, NBR 9776: Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. Rio de Janeiro, 1987.

\_\_\_\_\_, NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_, NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos- preparo da mistura e determinação de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_, NBR 13277: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos- determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_, NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_, NBR 13529: Revestimentos de paredes e tetos em argamassas inorgânicas; terminologia -. Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_, NBR 13530: Revestimentos de paredes e tetos em argamassas inorgânicas; classificação. Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_, NBR 15258: Argamassa para revestimento de paredes e tetos – determinação da resistência potencial de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2010.

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

\_\_\_\_\_, NBR 13749: Revestimentos de paredes e tetos em argamassas inorgânicas; especificação -. Rio de Janeiro, 1996.

ARANDA, M. H.; JUNG, C. F.; CATEN, C. S. **Aplicação do projeto de experimentos para otimização de uma inovação tecnológica.** Revista Gestão Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Ponta Grossa - Paraná – Brasil, ISSN 1808-0448 / v. 04, n. 02: p. 116-132, 2008.

ASSUNÇÃO, T. L.; CARVALHO F. G.; BARATA S. M. **Avaliação das propriedades das argamassas de revestimentos produzidas com resíduos da construção e demolição como agregado.** 49º Congresso Brasileiro de Concreto IBSN 97885 – 98576 – 17- 6; Bento Gonçalves - Rio Grande do Sul, 2007.

BARKOKÉBAS JR, B.; CARNEIRO, F. P., SOUZA, P. C. M., et al . **Estudo sobre a Gestão de Resíduos Sólidos da Indústria da Construção Civil na Região Metropolitana do Recife.** Vol. no 6. Recife: Editora Edupe, 2002. 15 p.

BASTOS, P. K. X. **Retração e desenvolvimento de propriedades mecânicas de argamassas mistas de revestimento.** São Paulo, 2001. 172 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

BAUER, E. **Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades,** Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

BAVARESCO, C. R.. **Utilização de entulho reciclado para produção de argamassas.** Florianópolis. Dissertação de Mestrado,106 p. 2001.

BAZUCO, Régis Sandro. **Utilização de agregados reciclados de concreto para produção de novos concretos.** Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 1999, 112 p.

BUTTLER, A. M. **Concreto com Agregados Graúdos Reciclados de Concreto – Influência da Idade de Reciclagem nas Propriedades dos Agregados e Concretos Reciclados.** São Carlos, 2003. 199p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

CABRAL, A. E. B. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da**

**composição do RCD.** São Carlos-SP, 2007. 280p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

CAMPITELI, Vicente C. ; PRESTES, Eduardo. **Formação de fissuras visíveis devidas a retração por secagem em argamassas de revestimento de cal e areia.** VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas. I International Symposium on Mortars Technology Florianópolis, 23 a 25 de maio de 2005. P. 600-608.

CARASEK, H. **Aderência de argamassas à base de cimento Portland à substratos porosos: avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo da ligação.** São Paulo, 1997 - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Boletim Técnico, 26p.

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

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; SCARTEZINI, L. M. **Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, IV, 2001, Brasília. Anais... Brasília: ANTAC, 2001. p. 43-67.

CARVALHO, A. L. **Avaliação das propriedades mecânicas da argamassa contendo adição de resíduo de carbonato de cálcio gerado na fabricação de celulose.** Dissertação, Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006.

CASCUDO, O.; CARASEK, H.; CARVALHO, A. **Controle de argamassas industrializadas em obra por meio do método de penetração do cone.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, VI., 2005, Florianópolis. Anais... Florianópolis: ANTAC, 2005. p. 83-94.

CARVALHO Jr, A. N. **Avaliação da aderência dos revestimentos argamassados: uma contribuição à identificação do sistema de aderência mecânico.** 2005. 331 f. Tese de Doutorado apresentado ao curso de Pósgraduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas - Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2005.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT. **Certification CSTB des enduits monocouches d'imperméabilisation** - Modalités d'essais. Livraison 341, cahier 2669-4, juillet-août 1993. Paris. CBIC. **Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil.** Disponível em: <URL:<http://www.cbic.org.br>>, acessado em 12 de abril de 2011

CBIC. **Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil.** Disponível em: <URL:<http://www.cbic.org.br>>, acessado em 12 de abril de 2011

CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CASCUDO, H. C. **Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995. Boletim Técnico n. 68.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, **Resolução CONAMA nº 307 - Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**, 2002. Disponível em [www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html), acessado em 25 de maio de 2010.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, **Resolução CONAMA Nº 431/2011 - "Altera o art. 3º da Resolução no 307, de 5 de julho de 2002**. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649>, acessado em 25 de junho de 2011.

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

DIAS, J. F.; AGOPYAN, V.; SILVA, T. J. **Proposta de procedimento para determinação da Absorção de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil para emprego em concreto**. Anais do 47º Congresso Brasileiro do Concreto - CBC2005, Curitiba.

EUROPEAN MORTAR INDUSTRY ORGANIZATION – EMO. **History**. Disponível em: <<http://www.euromortar.com>>. Acesso em: 11 abril de 2011.

FERNANDES, M. P. M.; SOARES, J. I.; SILVA FILHO, L. C. P. **A modificação da paisagem urbana e os resíduos da construção e demolição**. Anais do 3º Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos e 2º Seminário da Região Nordeste sobre Resíduos Sólidos, REDISA – Red de Ingeniería de Saneamiento Ambiental ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Espirito Santo, 2010.

FERREIRA, B. B. D. **Tipificação de patologias em revestimentos argamassados**. Belo Horizonte. 2010. 210 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais.

FIORITO, A. J. S. I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudo e procedimentos de execução**. São Paulo: Pini, 1994.

GAEDE, L. P. F. **Gestão dos resíduos da construção civil no município de Vitória-ES e normas existentes**, 2008, Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG, Belo Horizonte, MG, 74 p.

GALLEGOS, H.; CASABONNE, C. **Albañilería Estructural**. Ed. Peru: Fondo Editorial, Tercera Edición. 2005.425p.

GOMES, A. O. **Propriedades das argamassas de revestimento de fachadas. Comunidade da construção**. Salvador-BA, 2008.

GUACELLI, Paulo Anélio Garcia. **Substituição da areia natural por areia de britagem de rochas balsáticas para argamassas de revestimento**. 2010. 166 fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2009.

GUIMARÃES, J. E. P. **A cal. Fundamentos e Aplicações na Engenharia Civil** 2ª ed. São Paulo: Pini,2002. 341p.

HABIB, R. C. M.; FILHO, J. M.; BIANCHINI, M.; NIEBEL, P. R. **Produção de concretos através da substituição da areia natural por areia proveniente de britagem de Resíduos de Construção e Demolição Vermelho** *in* IBRACON, ANAIS do 51º. Congresso Brasileiro de Concreto, 2009.

HANZIC, L.; MAUTINGER A.; JURIC, B.; OLIVEIRA, L. A. P. **Water retention capability of mortars made of recycled aggregate**. Melbourne Convention Centre, September, 2008.

HENDRINKS, C. H. F et.al., **O ciclo da construção**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2007. 250 p.

INFORÇATO, B. G.; PIMENTEL, L. L. **Avaliação de elementos de argamassa armada executado com resíduos da construção civil**, In: Anais do XIII Encontro de Iniciação Científica da PUC-Campinas 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL – INMETRO NBR 7217/87 – **Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio**, 5 p. Agosto, 1987.

IOPPI, Paulo Roberto. **Estudo de aderência de argamassas de revestimento em substratos de concreto**. Dissertação de mestrado da Universidade Federal de Santa Catarina. 1995.

JOHN, V.M. **Pesquisa e desenvolvimento de mercado para resíduos**. In: **Workshop Reciclagem e reutilização de resíduos como material de construção civil**. São Paulo: Anais, PCC-USP, 1996.

JOHN, V. M. **Reciclagem De Resíduos na Construção Civil: Contribuição Para Metodologia De Pesquisa E Desenvolvimento**, 2000, Tese de Livre Docência apresentada á Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 102 p, disponível em [www.reciclagem.pcc.usp.br](http://www.reciclagem.pcc.usp.br)

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. **Reciclagem de resíduos da construção. In: Seminário - Reciclagem de Resíduos Sólidos Domiciliares. Governo do Estado de São Paulo**, Secretaria de Estado do Meio Ambiente. São Paulo. 2000. Disponível em <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/artigos1.htm>. Acesso em 10 de julho de 2010.

LAURITZEN, E. K. **Recycling concrete – na overview of development and challenges**. Conference on the use of recycled materials in building an structures, November, 2004, Barcelona, Spain.

LAZARUS, N. ' **Potential for Reducing the Environmental Impact of Construction Materials Construction Materials**, 2005. Disponível em < URL: [http://www.bioregional.com/files/publications/Z-squaredImpactMaterials\\_Jan05.pdf](http://www.bioregional.com/files/publications/Z-squaredImpactMaterials_Jan05.pdf)>, Acesso em 02 de julho de 2010.

LEITE, M. B.; PEDROZO, P. H. ; OLIARI, G. F. ; ALVES, M. F. ; MOLIN, Denise Dal . **Utilização de agregado reciclado de concreto para produção de argamassa**. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2000, Salvador. Modernidade e Sustentabilidade. Salvador: Editora da UFBA, 2000. v. 2. p. 1170-1177.

LEITE, M. A. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Porto Alegre-RS, 2001. 270 p. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LEA, F. M. **The Chemistry of Cement and Concrete**, 3a ed., New York, 1970.

LIMA, J. D., CARVALHO JUNIOR, F. H., LIMA, M. T. C. D., **O plano de gerenciamento de resíduos da construção e demolição e sua implantação no município de Fortaleza – CE**. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007 - Belo Horizonte/MG

LINTZ C. C. R.; PIMENTEL L. L.; SACRAMENTO W.; ARAUJO R. **Utilização de resíduos da construção para a produção de argamassa de revestimentos**. 49º Congresso Brasileiro de Concreto, IBSN 97885 – 98576 – 17- 6; Bento Gonçalves – Rio Grande do Sul, 2007.

LOVATO, P.S. **Verificação dos Parâmetros de Controle de Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição para Utilização em Concreto**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2007.

MACIEL L. L.; BARROS M.M. S. B.; SABBATINI F. H. **Recomendações para a execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e tetos**. 1998. Disponível em: <<http://pcc2436.pcc.usp.br/Textost%C3%A9cnicos/Revestimentos%20verticais/aula%205%202005%20texto%20argamassa.PDF>>. Acesso em 02 de julho de 2010.

MARIANO, L. S. **Gerenciamento de resíduos da construção civil com reaproveitamento estrutural: estudo de caso de uma obra com 4.000m<sup>2</sup>**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008. 114p.

MATTOS, L. R.; MOLIN, D. C.C. D. **Caracterização das argamassas para revestimento externo utilizadas em Belém/PA (Brasil): estudo do comportamento no estado fresco**, 2002, Disponível em [http://www.civil.uminho.pt/cec/revista/Num15/Pag\\_63-74.pdf](http://www.civil.uminho.pt/cec/revista/Num15/Pag_63-74.pdf), Acessando em 20 de julho de 2010.

MATTOS, L. R. S. **Identificação e caracterização das argamassas para revestimento externo utilizadas na cidade de Belém-PA**, Porto Alegre, 2001. 164p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

MAYORGA, R. D.; LIMA, P. V. P. S.; RIOS, A. K. B.; CABRAL, A. E. B. **Os resíduos da construção civil e suas implicações Socioambientais e econômicas na cidade de Fortaleza – CE**, Publicação nos anais do 47º Congresso da *Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural-SOBER*, 2009 2007; Porto Alegre – RS.

MESBAHU H.A., BODIN, F. B. **Efficiency of polypropylene and metallic fibres on control of shrinkage and cracking of recycled aggregate mortars**. *Construction and Building Materials*, Volume 13, Issue 8 13, 1999. p.439-447

MELO, K. A.; ANDRADE, A. F. L.; LIRA, E. M. **A influência do teor de cal hidratada nas propriedades de argamassas de cimento, cal e areia**. Lisboa, 2007, 2º Congresso Nacional de Argamassas de Construção.

MELO, A. V.; FERREIRA, E. A. M. **Proposições a gestão de resíduos da construção civil na cidade do Salvador**. ENARC 2011 II SEMINÁRIO SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 07 e 08 de julho Maceió-AL, 2011.

MENDES, B. S.; BORJA, E. V. **Estudo experimental das propriedades físicas de argamassas com adição de resíduos de cerâmicas vermelhas recicladas**. Holos, Ano 23, Vol. 3, 2007.

MENEZES R. R., FILHO, J. F., FERREIRA, H. S. NEVES,, G. A., FERREIRA, H. C. **Reciclagem de resíduos da construção civil para a produção de argamassas**. Cerâmica vol.55 no.335, São Paulo, 2009, Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ce/v55n335/v55n335a05.pdf>>. Acesso em 02 de julho de 2010.

MIRANDA, L. F. R. **Estudo de fatores que influenciam na fissuração de revestimentos de argamassas com entulho de construção**. Dissertação (Mestrado). 2000, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 190 p.

MIRANDA, L.F.R.; SELMO, S.M.S. **Construction and demolition waste variability and its influence on masonry and plastering mortars properties**. In: WASCON 2003 - PROGRESS ON THE ROAD TO SUSTAINABILITY. 2003. INASMET. San Sebastian - Spain, 2003.

MIRANDA, L. F. R.; SELMO, S. M. S. **CDW recycled aggregate renderings: Part I – Analysis of the effect of materials finer than 75  $\mu$ m on mortar properties**. Construction and Building Materials, 20, 2006, pp. 615-624

MIRANDA, L.F.R.; SELMO, S.M.S. **A case study on the variation in the quality of mortars using cdw recycled sands**. In: RILEM 2004, Barcelona, 2004. Proceedings. Barcelona, 2004.

MIRANDA, L.F.R.; ÂNGULO, S. C.; CARELI, E. D. **A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 57-71, jan./mar. 2009.

MOTA. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

NAKAKURA, E. H.; CINCOTTO, M. A. **Análise dos requisitos de classificação de argamassas de assentamento e revestimento**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2004. Boletim técnico n. 359.

MARQUES NETO, J. C. M. **Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil**. São Carlos: Rima, 2005. 162 p.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**; 2º ed., São Paulo, 1997.

OLIVEIRA, P. E. S.de; OLIVEIRA, J. T. R. de; FERREIRA, S R. de M. **Avaliação da Resistência à Compressão do Concreto com uso de Agregado de Resíduos de Construção e Demolição – RCD**: Publicação de Resumo nos anais do 49º Congresso Brasileiro do Concreto- IBRACON – CBC 2007; Bento Gonçalves – RS.

OPAS. **Organização Pan-americana de Saúde** . [monografia on line]. 2002. Disponível em <URL:<http://www.opas.org.br/promoção/temas>> [2002 dez 2 ] *acessado em 25 de maio de 2010*.

PINTO, T.P. e LIMA, J.A.R. **Industrialização de componentes a partir da definição de uma política de reciclagem de resíduos da construção urbana**. Anais do III Simpósio Ibero-Americano sobre técnicas construtivas industrializadas de interesse social - 1993.

PINTO, T. P. **Metodologia para gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo-SP, 1999. 203 p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA (PMF). **Plano de gerenciamento de resíduos da construção civil do município de Fortaleza-CE**. 106 p. 2006.

PONTES, G. C. **Avaliação do gerenciamento de resíduos de construção e demolição em empresas construtoras do Recife e sua conformidade com a resolução Nº307/CONAMA: estudo de casos**. Recife. 2007. 109 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Católica de Pernambuco.

PÓVOAS, Y. V; JOHN,V. M.; CINCOTTO, M. A. **Influência da perda de água por evaporação na resistência de aderência das argamassas colante**. ANTAC, Ambiente Construído, 2002 v.2, p.7-18, Porto Alegre.

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

RAKSHVIR,M.; BARAI, S.V. Studies on recycled aggregates based concrete. **Waste Management & Research**, vol. 24, p. 225 – 233, 2006.

RONALDO Jr, A. M.; FUCALE, S. P.; PÓVOAS, Y. V.; GUSMÃO, A. D. **Research characterizing the physical properties of recycled aggregate of civil construction wastes**. Proceedings of the 11th International Conference on Non-conventional Materials and Technologies, September, 2009, Bath, UK.

RIBEIRO, J. L. D.; C. S. T. CATEN. **Projeto de experimentos**. Porto Alegre: FEEng/UFRGS, 2010. 145p

RIBEIRO, D. V. **A política nacional de resíduos sólidos e o uso indiscriminado de resíduos sólidos pela sociedade brasileira**. Conexão Academia, A revista científica de resíduos sólidos, 2011, ano I, Volume I. 84 p.

ROCHA. J. C.; JOHN, V. M. **Introdução. In. Utilização de resíduos na construção habitacional**. Porto Alegre, Antac, 2003. Coleção Habitare, v. 4.

SABBATINI, F. H. **Revestimentos - Conceitos Básicos**. São Paulo. Notas de aula, 2003. Disponível em: <<http://tgp-mba.pcc.usp.br/TG-006/Aulas2003/Arquivos/TG06-AULA1.pdf>> acessado em 10 de agosto de 2010.

SALES. A. T. C.; CABRAL, M. F. F. **Argamassas com agregados reciclados de resíduos de construção**. Anais do Encontro Nacional sobre Aproveitamento de Resíduos – ENARC, Feira de Santana, p. 448-459, 2009.

SCHNEIDER, D.M. (2003) **Deposições irregulares de resíduos da construção civil na cidade de São Paulo**. São Paulo. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Saúde Pública da USP.

SANTOS, C. C. N. **Critérios de projetabilidade para as argamassas industrializadas de revestimento utilizando bomba de argamassa com eixo helicoidal**. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, Brasília(DF), 2003. 138p.

SANTOS, E. C. G. **Aplicação de resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) em estruturas de solo reforçado**. São Paulo. 2007. 84 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SANTOS, A. N. **Diagnóstico da situação dos resíduos de construção e demolição (rcd) no município de Petrolina (PE)**. Petrolina. 2008. 180 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco.

SELMO, S. M. S. **Dosagem de argamassa de cimento portland e cal para revestimento externo de fachadas dos edifícios**. São Paulo, 1989. 227 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SHAPKOTA, P., COOWANITWONG, N., VISVANATHAN, C. and TRAENKLER, J. **“Potentials of Recycling Municipal Solid Waste in Asia vis-à-vis Recycling in Thailand.** International Conference on Integrated Solid Waste Management in Southeast Asian Cities, 2005 p.195

SILVA, A. S.R. da. et al. **Argamassa inorgânica com emprego de entulho reciclado.** II simpósio brasileiro de tecnologia das argamassas. p. 201 - 207 Salvador - BA, 1997.

SILVA, N. G.; BUEST, G. T.; CAMPITELI, V. C. **A influência do filler de areia britada de rocha calcária nas propriedades da argamassa de revestimento.** In: Seminário: O Uso da Fração Fina da Britagem II., 2005, São Paulo. **Anais...** p. 1-12.

SILVA, N. G. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária.** Curitiba. 2006. 180 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.

SINGH, S. K.; SHARMA, P. C. **Use of recycled aggregates in concrete- a paradigm shift.** NBMCW, October 2007, Disponível em: < <http://www.nbmcw.com/articles/concrete/576-use-of-recycled-aggregates-in-concrete-a-paradigm-shift.html>, acessado em 12 de junho de 2010.

SOUZA, U. E. L. **Como reduzir perdas nos canteiros: Manual de gestão do consumo de materiais na construção civil.** Ed. Pini, São Paulo, 2005. 128 p.

SOUZA, U.E.L.de.; PALIARI, J.C. ;AGOPYAN, V.; ANDRADE, A. C.. **Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva.** Ambiente Construído, 2004, p.33-46.

SPOSTO, R. M. **Quantificação e Caracterização dos Resíduos da Construção Civil da cidade de Brasília.** In: SIBRAGEC, 4., ELAGEC, 1., Porto Alegre, 2005. **Anais...** Porto Alegre: [s.n.], 2005.

TRISTÃO, F. A. **Influência da composição granulométrica da areia nas propriedades das argamassas de revestimento.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995. 197p.

ULSEN C., **Caracterização tecnológica de resíduos de construção e demolição.** São Paulo. 2006. 100 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

ULSEN, Carina; KAHN, Henrique; ÂNGULO, Sérgio C. and JOHN, Vanderley M.. **Composição química de agregados mistos de resíduos de construção e demolição do Estado de São Paulo.** *Rem: Rev. Esc. Minas* [online]. 2010, vol.63, n.2, pp. 339-346.

ZHU, Q. and SARKIS, J. **An inter-sectoral comparison of green supply chain management in China: Drivers and practices.** *Journal of Cleaner Production* 2006. 14: pp. 71-74.

## APÊNDICES

APÊNDICE A – EXEMPLO DA COMPENSAÇÃO DOS TRAÇOS EM MASSA DAS ARGAMASSAS PRODUZIDAS

APÊNDICE B – TRAÇOS DAS ARGAMASSAS PRODUZIDAS

APÊNDICE C - RESULTADOS DO ENSAIO DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA ABNT NBR 13276 (2005)

APÊNDICE D- RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO AOS 14 E 28 DIAS DE IDADE, NBR 13279 (2005)

APÊNDICE E - RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 14 DIAS DE IDADE, NBR 13279 (2005)

APÊNDICE F - RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 28 DIAS DE IDADE, NBR 13279 (2005)

APÊNDICE G - RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À ADERÊNCIA À TRAÇÃO, NBR 15258 (2010)

APÊNDICE H - RESULTADOS DOS SOMATÓRIOS DOS COMPRIMENTOS DAS FISSURAS NOS REVESTIMENTOS

APÊNDICE I - RESULTADOS DAS INTERAÇÕES PARA OS EFEITOS ISOLADOS PARA A RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO AOS 14 DIAS DE IDADE

APÊNDICE J - RESULTADOS DAS INTERAÇÕES PARA OS EFEITOS ISOLADOS PARA A RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO AOS 28 DIAS DE IDADE

APÊNDICE K - RESULTADOS DAS INTERAÇÕES PARA OS EFEITOS ISOLADOS PARA A RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 14 DIAS DE IDADE

APÊNDICE L - RESULTADOS DAS INTERAÇÕES PARA OS EFEITOS ISOLADOS PARA A RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 28 DIAS DE IDADE

APÊNDICE M - RESULTADOS DAS INTERAÇÕES PARA OS EFEITOS ISOLADOS PARA A RESISTÊNCIA À ADERÊNCIA À TRAÇÃO AOS 58 DIAS DE IDADE

## APÊNDICES

## APÊNDICE A – EXEMPLO DA COMPESANÇÃO EM MASSA DAS ARGAMASSAS PRODUZIDAS

Como exemplo desta transformação para o primeiro traço deste trabalho foi determinado da seguinte maneira:

Nº TRAÇO	TEORES DE SUBSTITUIÇÃO (em massa)				TRAÇO
	Aglomerante		Agregado Miúdo		
	Cimento	Cal	Natural	Reciclado	
1	20%	80%	80%	20%	1 : 3

Dados:

Ensaio	Areia Lavada	Areia Reciclada	Cimento	Cal hidratada
Massa unitária (kg/dm <sup>3</sup> )	1,46	1,38	1,21	0,73

Condições:

Foram adotados os seguintes parâmetros: a massa do aglomerante igual a 4,867 kg e seu volume de 4,02dm<sup>3</sup>, já para o agregado miúdo: a massa igual a 14,60 kg e seu volume de 10,07dm<sup>3</sup> ambos para o traço 1;3. Em massa, este traço é igual a (4,867 : 14,60).

A equação 10, apresenta que o volume do aglomerante é igual a soma dos volumes de cimento e de cal hidratada. Já a equação 11 tem que, o volume é igual ao quociente da massa pela sua massa unitária. E a equação 12 demonstra que a massa é igual a multiplicação do volume pela sua massa unitária.

$$V_{\text{aglomerante}} = V_{\text{cim}} + V_{\text{cal}} \quad [10]$$

$$V = \frac{m}{\gamma} \quad [11]$$

$$m = V * \gamma \quad [12]$$

Onde:

$V_{\text{aglomerante}}$  = Volume do aglomerante (dm<sup>3</sup>)

$V_{\text{cim}}$  = Volume do cimento (dm<sup>3</sup>)

$V_{\text{cal}}$  = Volume da cal hidratada (dm<sup>3</sup>)

$V$  = volume (dm<sup>3</sup>)

$m$  = Massa (kg)

$\gamma$  = Massa unitária (kg/dm<sup>3</sup>)

Portanto, para este traço em questão têm-se que os teores de substituição são 20% para o cimento e 80% para a cal, conforme equações 13 e 14.

$$V_{\text{cim}} = 20\% * V_{\text{aglomerante}} \quad [13]$$

$$V_{\text{cal}} = 80\% * V_{\text{aglomerante}} \quad [14]$$

Substituindo-se os valores nas equações 13 e 14 de acordo com as condições apresentadas para este exemplo, tem-se:

$$V_{\text{cim}} = 20\% * V_{\text{aglomerante}} = 0,2 * V_{\text{aglomerante}} = 0,2 * 4,02 \text{ dm}^3 = 0,804 \text{ dm}^3$$

Desta mesma maneira, calcula-se o valor do volume de cal, como sendo:

$$V_{\text{cal}} = 80\% * V_{\text{aglomerante}} = 0,8 * V_{\text{aglomerante}} = 0,8 * 4,02 \text{ dm}^3 = 3,216 \text{ dm}^3$$

Logo, substituindo estes valores na equação 12, tem-se a massa de cimento, como sendo:

$$m_{\text{cim}} = 0,804 \text{ dm}^3 * 1,21 \text{ kg/dm}^3 = 0,97 \text{ kg}$$

Portanto, realizando as etapas acima, pode-se determinar a massa da cal hidratada como sendo:

$$m_{\text{cal}} = 3,216 \text{ dm}^3 * 0,73 \text{ kg/dm}^3 = 2,35 \text{ kg}$$

Realizando os mesmos procedimentos adotados para as determinações das massas dos aglomerantes, foi possível calcular as massas dos agregados miúdos naturais e dos agregados miúdos reciclados, como sendo o volume do agregado miúdo igual a soma dos agregados miúdos naturais com os agregados miúdos reciclados, conforme equação 15.

$$V_{\text{AM}} = V_{\text{AMN}} + V_{\text{AMR}} \quad [15]$$

Onde:

$V_{\text{AM}}$  = Volume do agregado miúdo ( $\text{dm}^3$ )

$V_{\text{AMN}}$  = Volume do agregado miúdo natural ( $\text{dm}^3$ )

$V_{\text{AMR}}$  = Volume do agregado miúdo reciclado ( $\text{dm}^3$ )

Portanto, para este traço em questão têm-se que os teores de substituição são 80% para o AMN e 20% para AMR, conforme equações 15 e 16.

$$V_{AMN} = 80\% * V_{AM} \quad [15]$$

$$V_{AMR} = 20\% * V_{AM} \quad [16]$$

Portanto, substituindo os valores nas equações 15 e 16, verifica-se que:

$$V_{AMN} = 80\% \text{ de } V_{AM} = 80\% * 10,07\text{dm}^3 = 8,05\text{dm}^3, \text{ e}$$

$$V_{AMR} = 20\% \text{ de } V_{AM} = 20\% * 10,07\text{dm}^3 = 2,01\text{dm}^3$$

Assim sendo, substituindo estes valores na equação 12, tem-se que:

$$m_{AMN} = 8,05\text{dm}^3 * 1,45 \text{ kg/dm}^3 = 11,68 \text{ kg} \quad \text{e,}$$

$$m_{AMR} = 2,01\text{dm}^3 * 1,38 \text{ kg/dm}^3 = 2,78 \text{ kg}$$

Resumindo, foram utilizadas as seguintes massas dos aglomerantes e dos agregados miúdos para as realizações dos ensaios obtidos.

$$m_{\text{cim}} = 0,97 \text{ kg}$$

$$m_{\text{cal}} = 2,35 \text{ kg}$$

$$m_{AMN} = 11,68 \text{ kg}$$

$$m_{AMR} = 2,78 \text{ kg}$$

## APÊNDICE B – TRAÇOS DAS ARGAMASSAS PRODUZIDAS

Nº TRAÇO	TEORES DE SUBSTITUIÇÃO				TRAÇO	MASSA (kg)			
	Aglomerante		Agregado Miúdo			Aglomerante		Agregado Miúdo	
	% cim	% cal	% nat.	% rec.		CIM	CAL	AMN	AMR
1	20%	80%	80%	20%	1 : 3	0,97	2,35	11,68	2,78
2	20%	80%	80%	20%	1 : 5	0,58	1,41	11,68	2,78
3	80%	20%	80%	20%	1 : 3	3,89	0,59	11,68	2,78
4	80%	20%	80%	20%	1 : 5	2,34	0,35	11,68	2,78
5	20%	80%	20%	80%	1 : 3	0,97	2,35	2,92	14,69
6	20%	80%	20%	80%	1 : 5	2,58	1,41	2,92	14,69
7	80%	20%	20%	80%	1 : 3	3,89	0,59	2,92	14,69
8	80%	20%	20%	80%	1 : 5	2,34	0,35	2,92	14,69
9	50%	50%	50%	50%	1 : 4	1,83	1,10	7,30	6,95
10	50%	50%	100%	0%	1 : 4	1,83	1,10	14,60	0,00
11	50%	50%	0%	100%	1 : 4	1,83	1,10	0,00	16,08
12	0%	100%	50%	50%	1 : 4	0,00	2,20	7,30	6,95
13	100%	0%	50%	50%	1 : 4	3,65	0,00	7,30	6,95
14	50%	50%	50%	50%	1 : 3	2,43	1,47	7,30	6,95
15	50%	50%	50%	50%	1 : 5	1,46	0,73	7,30	6,95
16	50%	50%	50%	50%	1 : 4	1,83	1,10	7,30	6,95

**APÊNDICE C - RESULTADOS DO ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DO  
ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA ABNT NBR 13276 (2005)**

Nº	TRAÇOS	ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA 260 a 280mm														A/C	Qtde água
		INICIAL				5 MIN				10 MIN							
		1	2	3	MEDIA	1	2	3	MEDIA	1	2	3	MEDIA				
1	TR 1	263	265	266	264,7	260	262	259	260,3	258	260	261	259,7	1,5	9,9		
2	TR 2	265	262	263	263,3	261	258	261	260,0	259	255	257	257,0	1,8	7,8		
3	TR 3	266	267	265	266,0	262	263	260	261,7	258	260	255	257,7	0,8	5,6		
4	TR 4	268	270	271	269,7	267	268	265	266,7	260	257	258	258,3	1,3	5,7		
5	TR 5	276	278	279	277,7	259	263	266	262,7	262	257	252	257,0	1,3	9,0		
6	TR 6	265	273	275	271,0	260	253	270	261,0	252	250	262	254,7	1,3	5,4		
7	TR 7	262	260	258	260,0	258	255	251	254,7	-	-	-	-	0,8	5,2		
8	TR 8	280	272	265	272,3	272	268	260	266,7	265	260	253	259,3	1,3	5,6		
9	TR 9	262	263	265	263,3	255	257	260	257,3	-	-	-	-	1,2	6,2		
10	TR 10	272	275	278	275,0	270	262	257	263,0	264	257	253	258,0	1,3	7,0		
11	TR 11	280	278	279	279,0	260	265	270	265,0	255	258	257	256,7	1,2	5,7		
12	TR 12	261	263	265	263,0	256	258	259	257,7	-	-	-	-	1,7	8,9		
13	TR 13	268	281	273	274,0	261	265	266	264,0	256	258	257	257,0	1,1	5,9		
14	TR 14	261	265	266	264,0	257	261	259	259,0	-	-	-	-	1,1	7,2		
15	TR 15	265	272	278	271,7	258	262	273	264,3	255	259	265	259,7	1,3	5,5		
16	TR 16	261	263	265	263,0	258	259	261	259,3	-	-	-	-	1,1	6,0		

**APÊNDICE D - RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À  
TRAÇÃO NA FLEXÃO AOS 14 E 28 DIAS DE IDADE, NBR 13279 (ABNT,  
2005)**

<b>AMOSTRA</b>	<b>CARGA MÁXIMA (MPa) 14 dias</b>	<b>CARGA MÁXIMA (MPa) 28 dias</b>
1-TR 1	0,04	0,04
2-TR 1	0,05	0,05
3-TR 1	0,04	0,04
4-TR 2	0,05	0,05
5-TR 2	0,05	0,06
6-TR 2	0,04	0,06
7-TR 3	0,41	0,59
8-TR 3	0,50	0,70
9-TR 3	0,57	0,56
10-TR 4	0,32	0,45
11-TR 4	0,28	0,45
12-TR 4	0,27	0,45
13-TR 5	0,04	0,04
14-TR 5	0,04	0,05
15-TR 5	0,04	0,05
16-TR 6	0,04	0,04
17-TR 6	0,04	0,04
18-TR 6	0,04	0,04
19-TR 7	0,70	0,90
20-TR 7	0,77	0,74
21-TR 7	0,91	0,72
22-TR 8	0,53	0,63
23-TR 8	0,54	0,58
24-TR 8	0,54	0,61
25-TR 9	0,30	0,33
26-TR 9	0,33	0,34
27-TR 9	0,31	0,32
28-TR 10	0,34	0,37
29-TR 10	0,30	0,35
30-TR 10	0,36	0,38
31-TR 11	0,16	0,15
32-TR 11	0,13	0,16
33-TR 11	0,13	0,15
34-TR 12	0,06	0,07
35-TR 12	0,05	0,09

36-TR 12	0,09	0,08
37-TR 13	0,73	0,75
38-TR 13	0,66	0,71
39-TR 13	0,67	0,82
40-TR 14	0,23	0,43
41-TR 14	0,42	0,44
42-TR 14	0,29	0,39
43-TR 15	0,20	0,25
44-TR 15	0,23	0,27
45-TR 15	0,33	0,27
46-TR 16	0,30	0,35
47-TR 16	0,33	0,36
48-TR 16	0,34	0,34

**APÊNDICE E - RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 14 DIAS DE IDADE, NBR 13279 (ABNT, 2005)**

<b>ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 14 DIAS</b>																
<b>AMOSTRA</b>	<b>DIMENSÕES (mm)</b>										<b>DIMENSÕES MÉDIAS (mm)</b>			<b>CARGA MÁXIMA</b>	<b>LIMITES DE RESISTÊNCIA</b>	
	<b>C</b>				<b>H</b>	<b>H</b>	<b>L</b>				<b>C</b>	<b>H</b>	<b>L</b>		<b>Mpa</b>	<b>kgf/mm<sup>2</sup></b>
1-TR 1/1/1	83,1	83,1	83,1	83,1	40	40	40	40	40	40	83,1	40	40	123	<b>0,4</b>	0,04
2-TR 1/1/2	84,1	84,1	84,1	84,1	40	40	40	40	40	40	84,1	40	40	133	<b>0,4</b>	0,04
3-TR 1/2/1	101,2	101	101,2	101	40	40	40	40	40	40	101,2	40	40	125	<b>0,3</b>	0,03
4-TR 1/2/2	86,2	86,2	86,2	86,2	40	40	40	40	40	40	86,2	40	40	266	<b>0,8</b>	0,08
5-TR 1/3/1	86,1	86,1	86,1	86,1	40	40	40	40	40	40	86,1	40	40	285	<b>0,8</b>	0,08
6-TR 1/3/2	85,2	85,2	85,2	85,2	40	40	40	40	40	40	85,2	40	40	260	<b>0,8</b>	0,08
7-TR 2/1/1	80,9	84,1	82,6	83,1	40	40	40	40	40	40	82,7	40	40	554	<b>1,7</b>	0,17
8-TR 2/1/2	84,5	82,6	82,7	81,1	40	40	40	40	40	40	82,7	40	40	621	<b>1,9</b>	0,19
9-TR 2/2/1	81	79,3	79,8	79,1	40	40	40	40	40	40	79,8	40	40	512	<b>1,6</b>	0,16
10-TR 2/2/2	84,6	84,4	85,1	85,1	40	40	40	40	40	40	84,8	40	40	525	<b>1,5</b>	0,15
11-TR 2/3/1	72,6	76,6	74,4	74,1	40	40	40	40	40	40	74,4	40	40	477	<b>1,6</b>	0,16
12-TR 2/3/2	93,2	90,6	93,1	92,7	40	40	40	40	40	40	92,4	40	40	411	<b>1,1</b>	0,11
13-TR 3/1/1	82,5	82,6	83,2	83,1	40	40	40	40	40	40	82,9	40	40	2.191	<b>6,6</b>	0,66
14-TR 3/1/2	82,1	82,6	82,5	82,6	40	40	40	40	40	40	82,5	40	40	2.032	<b>6,2</b>	0,62
15-TR 3/2/1	85,1	86,5	85	84,5	40	40	40	40	40	40	85,3	40	40	2.794	<b>8,2</b>	0,82
16-TR 3/2/2	80	82,2	82,3	82,1	40	40	40	40	40	40	81,7	40	40	3.600	<b>11,0</b>	1,10
17-TR 3/3/1	73,3	76,2	74,7	74,5	40	40	40	40	40	40	74,7	40	40	3.843	<b>12,9</b>	1,29
18-TR 3/3/2	90,5	92,6	92,6	92,4	40	40	40	40	40	40	92,0	40	40	3.285	<b>8,9</b>	0,89
19-TR 4/1/1	75,8	75,3	73,5	72,6	40	40	40	40	40	40	74,3	40	40	2.488	<b>8,4</b>	0,84
20-TR 4/1/2	90,7	89,6	93,5	91,6	40	40	40	40	40	40	91,4	40	40	2.358	<b>6,5</b>	0,65
21-TR 4/2/1	87,3	84,1	87,1	86,7	40	40	40	40	40	40	86,3	40	40	2.522	<b>7,3</b>	0,73

22-TR 4/2/2	76,8	79,1	78,6	77,7	40	40	40	40	40	40	78,1	40	40	2.553	<b>8,2</b>	0,82
23-TR 4/3/1	82,8	82,2	85,3	81,4	40	40	40	40	40	40	82,9	40	40	2.130	<b>6,4</b>	0,64
24-TR 4/3/2	81,1	83,1	81,3	80,6	40	40	40	40	40	40	81,5	40	40	2.101	<b>6,4</b>	0,64
25-TR 5/1/1	80,1	80	81,1	81,6	40	40	40	40	40	40	80,7	40	40	175	<b>0,5</b>	0,05
26-TR 5/1/2	81,7	83,1	83,1	82,7	40	40	40	40	40	40	82,7	40	40	127	<b>0,4</b>	0,04
27-TR 5/2/1	86,5	84,2	85	90	40	40	40	40	40	40	86,4	40	40	191	<b>0,6</b>	0,06
28-TR 5/2/2	79	78,4	77,6	77,3	40	40	40	40	40	40	78,1	40	40	122	<b>0,4</b>	0,04
29-TR 5/3/1	82	81,5	84,1	82,2	40	40	40	40	40	40	82,5	40	40	181	<b>0,5</b>	0,05
30-TR 5/3/2	81	83,1	82,1	81,5	40	40	40	40	40	40	81,9	40	40	111	<b>0,3</b>	0,03
31-TR 6/1/1	889	87,9	88,4	84,1	40	40	40	40	40	40	287,4	40	40	202	<b>0,2</b>	0,02
32-TR 6/1/2	81	76,3	77,3	78,6	40	40	40	40	40	40	78,3	40	40	124	<b>0,4</b>	0,04
33-TR 6/2/1	84,2	81	81,2	81,5	40	40	40	40	40	40	82,0	40	40	130	<b>0,4</b>	0,04
34-TR 6/2/2	84,3	81,7	81,6	82,6	40	40	40	40	40	40	82,5	40	40	135	<b>0,4</b>	0,04
35-TR 6/3/1	87,6	84,4	84,8	84,1	40	40	40	40	40	40	85,2	40	40	289	<b>0,8</b>	0,08
36-TR 6/3/2	79,8	78,4	80,2	81,2	40	40	40	40	40	40	79,9	40	40	266	<b>0,8</b>	0,08
37-TR 7/4/1	77,6	73,8	72,4	76,2	40	40	40	40	40	40	75,0	40	40	6.022	<b>20,1</b>	2,01
38-TR 7/4/2	86,7	83	84,2	86,2	40	40	40	40	40	40	85,0	40	40	6.877	<b>20,2</b>	2,02
39-TR 7/5/1	84,5	81,1	82,4	82,5	40	40	40	40	40	40	82,6	40	40	6.225	<b>18,8</b>	1,88
40-TR 7/5/2	82,2	78	76,6	79,2	40	40	40	40	40	40	79,0	40	40	6.852	<b>21,7</b>	2,17
41-TR 7/6/1	79,5	77,2	76,7	76,2	40	40	40	40	40	40	77,4	40	40	6.758	<b>21,8</b>	2,18
42-TR 7/6/2	86,2	82	83,2	81,9	40	40	40	40	40	40	83,3	40	40	6.453	<b>19,4</b>	1,94
43-TR 8/4/1	81,8	77,7	76,6	77,9	40	40	40	40	40	40	78,5	40	40	3.425	<b>10,9</b>	1,09
44-TR 8/4/2	84	81,7	80,6	80,9	40	40	40	40	40	40	81,8	40	40	3.625	<b>11,1</b>	1,11
45-TR 8/5/1	85,4	80,8	82,6	82,5	40	40	40	40	40	40	82,8	40	40	3.878	<b>11,7</b>	1,17
46-TR 8/5/2	83,3	78,7	80,4	80	40	40	40	40	40	40	80,6	40	40	3.320	<b>10,3</b>	1,03
47-TR 8/6/1	84,1	81,6	84,2	81,9	40	40	40	40	40	40	82,9	40	40	3.875	<b>11,7</b>	1,17
48-TR 8/6/2	83,4	78,7	80,4	78,3	40	40	40	40	40	40	80,2	40	40	3.258	<b>10,2</b>	1,02

49-TR 9/4/1	78,5	76,7	74,1	77,3	40	40	40	40	40	40	76,7	40	40	1.758	<b>5,7</b>	0,57
50-TR 9/4/2	86,2	81,3	83,2	82,5	40	40	40	40	40	40	83,3	40	40	1.345	<b>4,0</b>	0,40
51-TR 9/5/1	77,8	73,6	75,4	77,1	40	40	40	40	40	40	76,0	40	40	1.456	<b>4,8</b>	0,48
52-TR 9/5/2	87,8	84,1	84,4	86,3	40	40	40	40	40	40	85,6	40	40	1.347	<b>3,9</b>	0,39
53-TR 9/6/1	83	80,2	78,1	79,4	40	40	40	40	40	40	80,2	40	40	1.854	<b>5,8</b>	0,58
54-TR 9/6/2	85,7	81,3	83,4	85,5	40	40	40	40	40	40	84,0	40	40	1.759	<b>5,2</b>	0,52
55-TR 10/4/1	78,4	76,4	74,7	77,8	40	40	40	40	40	40	76,8	40	40	1.254	<b>4,1</b>	0,41
56-TR 10/4/2	86,1	83,2	83	85,2	40	40	40	40	40	40	84,4	40	40	1.452	<b>4,3</b>	0,43
57-TR 10/5/1	77,6	74,2	75,4	76,9	40	40	40	40	40	40	76,0	40	40	1.635	<b>5,4</b>	0,54
58-TR 10/5/2	90,9	83,6	86,9	85,9	40	40	40	40	40	40	86,8	40	40	1.542	<b>4,4</b>	0,44
59-TR 10/6/1	81,6	77,7	76,6	76,9	40	40	40	40	40	40	78,2	40	40	1.759	<b>5,6</b>	0,56
60-TR 10/6/2	85,2	81	82,4	84,5	40	40	40	40	40	40	83,3	40	40	1.654	<b>5,0</b>	0,50
61-TR 11/4/1	77,3	73,9	75,1	74,2	40	40	40	40	40	40	75,1	40	40	526	<b>1,8</b>	0,18
62-TR 11/4/2	89,5	86,1	85,3	88,3	40	40	40	40	40	40	87,3	40	40	632	<b>1,8</b>	0,18
63-TR 11/5/1	81,5	77,7	76,6	79,8	40	40	40	40	40	40	78,9	40	40	587	<b>1,9</b>	0,19
64-TR 11/5/2	84,8	80,7	82,4	84,7	40	40	40	40	40	40	83,1	40	40	625	<b>1,9</b>	0,19
65-TR 11/6/1	84	80,1	81,6	81,7	40	40	40	40	40	40	81,8	40	40	724	<b>2,2</b>	0,22
66-TR 11/6/2	83,2	79,1	80,4	78,6	40	40	40	40	40	40	80,3	40	40	569	<b>1,8</b>	0,18
67-TR 12/4/1	77,7	76	76,3	75	40	40	40	40	40	40	76,3	40	40	122	<b>0,4</b>	0,04
68-TR 12/4/2	84,5	80,6	82,4	83,9	40	40	40	40	40	40	82,8	40	40	125	<b>0,4</b>	0,04
69-TR 12/5/1	77	75	75,4	76,9	40	40	40	40	40	40	76,1	40	40	142	<b>0,5</b>	0,05
70-TR 12/5/2	90,4	87,6	85,4	88,5	40	40	40	40	40	40	88,0	40	40	136	<b>0,4</b>	0,04
71-TR 12/6/1	79,6	74,6	75,6	78	40	40	40	40	40	40	76,9	40	40	124	<b>0,4</b>	0,04
72-TR 12/6/2	85,3	80,4	82,7	84,7	40	40	40	40	40	40	83,3	40	40	133	<b>0,4</b>	0,04
73-TR 13/4/1	84,9	82,8	84,2	86,9	40	40	40	40	40	40	84,7	40	40	5.365	<b>15,8</b>	1,58
74-TR 13/4/2	85,3	80,6	83	84,2	40	40	40	40	40	40	83,3	40	40	5.865	<b>17,6</b>	1,76
75-TR 13/5/1	74,9	71,2	69,7	73,2	40	40	40	40	40	40	72,2	40	40	5.745	<b>19,9</b>	1,99

76-TR 13/5/2	93,2	88,7	90,3	90,7	40	40	40	40	40	40	90,7	40	40	5.896	<b>16,2</b>	1,62
77-TR 13/6/1	86	81,7	83,8	81,9	40	40	40	40	40	40	83,3	40	40	5.844	<b>17,5</b>	1,75
78-TR 13/6/2	83,3	78,6	80,5	78,9	40	40	40	40	40	40	80,3	40	40	5.788	<b>18,0</b>	1,80
79-TR 14/4/1	79,9	75,6	75	77,2	40	40	40	40	40	40	76,9	40	40	1.687	<b>5,5</b>	0,55
80-TR 14/4/2	88,2	83,4	84,7	83,9	40	40	40	40	40	40	85,0	40	40	1.752	<b>5,2</b>	0,52
81-TR 14/5/1	76,7	73,1	74,7	73,8	40	40	40	40	40	40	74,6	40	40	1.345	<b>4,5</b>	0,45
82-TR 14/5/2	90,3	87,2	87,1	88,5	40	40	40	40	40	40	88,3	40	40	2.102	<b>6,0</b>	0,60
83-TR 14/6/1	82,5	78,6	80,2	78,9	40	40	40	40	40	40	80,1	40	40	1.922	<b>6,0</b>	0,60
84-TR 14/6/2	86,4	81,7	83,5	84	40	40	40	40	40	40	83,9	40	40	1.987	<b>5,9</b>	0,59
85-TR 15/4/1	79,4	77,2	75,9	77,1	40	40	40	40	40	40	77,4	40	40	1.003	<b>3,2</b>	0,32
86-TR 15/4/2	89,4	84,4	84,1	86,2	40	40	40	40	40	40	86,0	40	40	1.014	<b>2,9</b>	0,29
87-TR 15/5/1	88,4	84,1	84,8	84,9	40	40	40	40	40	40	85,5	40	40	1.358	<b>4,0</b>	0,40
88-TR 15/5/2	82,9	79,1	80,4	83,2	40	40	40	40	40	40	81,4	40	40	1.069	<b>3,3</b>	0,33
89-TR 15/6/1	84,4	80,6	78,7	82,3	40	40	40	40	40	40	81,5	40	40	1.105	<b>3,4</b>	0,34
90-TR 15/6/2	84,4	81,7	80,2	80,4	40	40	40	40	40	40	81,7	40	40	1.121	<b>3,4</b>	0,34
91-TR 16/4/1	79,9	75,4	75,1	78,9	40	40	40	40	40	40	77,3	40	40	1.348	<b>4,4</b>	0,44
92-TR 16/4/2	88,4	83,5	82,1	86,2	40	40	40	40	40	40	85,0	40	40	1.758	<b>5,2</b>	0,52
93-TR 16/5/1	85,4	80,7	79,8	80,9	40	40	40	40	40	40	81,7	40	40	1.365	<b>4,2</b>	0,42
94-TR 16/5/2	84,5	81,1	81,5	81,7	40	40	40	40	40	40	82,2	40	40	1.420	<b>4,3</b>	0,43
95-TR 16/6/1	86,5	82,7	82,1	83,5	40	40	40	40	40	40	83,7	40	40	1.158	<b>3,5</b>	0,35
96-TR 16/6/2	84,5	82,6	81,9	81,9	40	40	40	40	40	40	82,7	40	40	1.457	<b>4,4</b>	0,44

**APÊNDICE F - RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 28 DIAS DE IDADE, NBR 13279 (ABNT, 2005).**

ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 28 DIAS																
AMOSTRA	DIMENSÕES (mm)										DIMENSÕES MÉDIAS (mm)			CARGA MÁXIMA (kgf)	LIMITES DE RESISTÊNCIA	
	C				H	H	L				C	H	L		Mpa	kgf/mm <sup>2</sup>
1-TR 1/1/1	85,2	85,9	85,1	83,5	40	40	40	40	40	40	84,9	40	40	182	<b>0,5</b>	0,05
2-TR 1/1/2	79,4	78,3	76,4	77,1	40	40	40	40	40	40	77,8	40	40	208	<b>0,7</b>	0,07
3-TR 1/2/1	83,5	83,5	83,1	83,9	40	40	40	40	40	40	83,5	40	40	255	<b>0,8</b>	0,08
4-TR 1/2/2	80,1	78,8	80,7	79,1	40	40	40	40	40	40	79,7	40	40	302	<b>0,9</b>	0,09
5-TR 1/3/1	87,7	76,1	86,4	86,3	40	40	40	40	40	40	84,1	40	40	289	<b>0,9</b>	0,09
6-TR 1/3/2	77,8	78,7	77,6	77,3	40	40	40	40	40	40	77,9	40	40	269	<b>0,9</b>	0,09
7-TR 2/1/1	76,4	77,2	77,1	77,5	40	40	40	40	40	40	77,1	40	40	574	<b>1,9</b>	0,19
8-TR 2/1/2	87,0	85,9	85,5	86,1	40	40	40	40	40	40	86,1	40	40	639	<b>1,9</b>	0,19
9-TR 2/2/1	78,7	78,9	77,8	80,2	40	40	40	40	40	40	78,9	40	40	558	<b>1,8</b>	0,18
10-TR 2/2/2	83,9	83,5	84,0	84,0	40	40	40	40	40	40	83,8	40	40	584	<b>1,7</b>	0,17
11-TR 2/3/1	87,1	88,0	89,9	87,3	40	40	40	40	40	40	88,1	40	40	490	<b>1,4</b>	0,14
12-TR 2/3/2	79,5	75,7	79,3	77,0	40	40	40	40	40	40	77,8	40	40	444	<b>1,4</b>	0,14
13-TR 3/1/1	77,6	79,1	80,5	81,5	40	40	40	40	40	40	79,7	40	40	4.467	<b>14,0</b>	1,40
14-TR 3/1/2	90,9	88,8	89,1	86,6	40	40	40	40	40	40	88,9	40	40	4.950	<b>13,9</b>	1,39
15-TR 3/2/1	90,0	91,4	92,2	90,7	40	40	40	40	40	40	91,1	40	40	5.158	<b>14,2</b>	1,42
16-TR 3/2/2	76,2	75,6	73,2	77,6	40	40	40	40	40	40	75,6	40	40	4.454	<b>14,7</b>	1,47
17-TR 3/3/1	84,6	82,9	85,1	84,5	40	40	40	40	40	40	84,3	40	40	5.219	<b>15,5</b>	1,55
18-TR 3/3/2	81,2	82,0	82,6	82,1	40	40	40	40	40	40	82,0	40	40	4.399	<b>13,4</b>	1,34
19-TR 4/1/1	79,8	77,4	78,0	76,3	40	40	40	40	40	40	77,9	40	40	3.455	<b>11,1</b>	1,11
20-TR 4/1/2	85,6	86,3	86,7	87,9	40	40	40	40	40	40	86,6	40	40	2.530	<b>7,3</b>	0,73
21-TR 4/2/1	84,9	84,6	85,3	86,2	40	40	40	40	40	40	85,3	40	40	3.530	<b>10,4</b>	1,04

22-TR 4/2/2	79,2	79,8	79,9	79,6	40	40	40	40	40	40	79,6	40	40	3.140	<b>9,9</b>	0,99
23-TR 4/3/1	51,2	84,1	84,1	82,7	40	40	40	40	40	40	75,5	40	40	2.936	<b>9,7</b>	0,97
24-TR 4/3/2	82,7	82,6	82,5	82,9	40	40	40	40	40	40	82,7	40	40	3.228	<b>9,8</b>	0,98
25-TR 5/1/1	90,0	89,5	88,4	88,5	40	40	40	40	40	40	89,1	40	40	260	<b>0,7</b>	0,07
26-TR 5/1/2	75,5	73,9	77,5	74,8	40	40	40	40	40	40	75,5	40	40	149	<b>0,5</b>	0,05
27-TR 5/2/1	100,8	101,8	99,3	101,0	40	40	40	40	40	40	100,7	40	40	302	<b>0,7</b>	0,07
28-TR 5/2/2	64,7	64,1	64,0	62,9	40	40	40	40	40	40	63,9	40	40	152	<b>0,6</b>	0,06
29-TR 5/3/1	81,1	79,7	78,9	81,1	40	40	40	40	40	40	80,2	40	40	217	<b>0,7</b>	0,07
30-TR 5/3/2	82,3	82,8	83,6	82,2	40	40	40	40	40	40	82,7	40	40	139	<b>0,4</b>	0,04
31-TR 6/1/1	86,4	88,8	89,2	84,1	40	40	40	40	40	40	87,1	40	40	240	<b>0,7</b>	0,07
32-TR 6/1/2	78,7	77,1	78,0	78,6	40	40	40	40	40	40	78,1	40	40	224	<b>0,7</b>	0,07
33-TR 6/2/1	81,8	81,8	82,1	81,5	40	40	40	40	40	40	81,8	40	40	230	<b>0,7</b>	0,07
34-TR 6/2/2	81,8	82,5	82,4	82,6	40	40	40	40	40	40	82,3	40	40	240	<b>0,7</b>	0,07
35-TR 6/3/1	85,1	85,3	85,7	84,1	40	40	40	40	40	40	85,0	40	40	289	<b>0,8</b>	0,08
36-TR 6/3/2	77,4	79,2	81,0	81,2	40	40	40	40	40	40	79,7	40	40	266	<b>0,8</b>	0,08
37-TR 7/4/1	75,4	74,5	73,1	76,2	40	40	40	40	40	40	74,8	40	40	7.091	<b>23,7</b>	2,37
38-TR 7/4/2	84,1	83,8	85,0	86,2	40	40	40	40	40	40	84,8	40	40	7.993	<b>23,6</b>	2,36
39-TR 7/5/1	82,1	81,9	83,2	82,5	40	40	40	40	40	40	82,4	40	40	7.918	<b>24,0</b>	2,40
40-TR 7/5/2	79,8	78,8	77,4	79,2	40	40	40	40	40	40	78,8	40	40	7.805	<b>24,8</b>	2,48
41-TR 7/6/1	77,1	78,0	77,5	76,2	40	40	40	40	40	40	77,2	40	40	7.506	<b>24,3</b>	2,43
42-TR 7/6/2	83,7	82,8	84,0	81,9	40	40	40	40	40	40	83,1	40	40	7.532	<b>22,7</b>	2,27
43-TR 8/4/1	79,4	78,5	77,4	77,9	40	40	40	40	40	40	78,3	40	40	4.451	<b>14,2</b>	1,42
44-TR 8/4/2	81,6	82,5	81,4	80,9	40	40	40	40	40	40	81,6	40	40	4.396	<b>13,5</b>	1,35
45-TR 8/5/1	82,9	81,6	83,4	82,5	40	40	40	40	40	40	82,6	40	40	4.593	<b>13,9</b>	1,39
46-TR 8/5/2	80,9	79,5	81,2	80,0	40	40	40	40	40	40	80,4	40	40	4.272	<b>13,3</b>	1,33
47-TR 8/6/1	81,7	82,4	85,0	81,9	40	40	40	40	40	40	82,7	40	40	4.002	<b>12,1</b>	1,21
48-TR 8/6/2	80,9	79,5	81,2	78,3	40	40	40	40	40	40	80,0	40	40	3.815	<b>11,9</b>	1,19

49-TR 9/4/1	76,2	77,5	74,8	77,3	40	40	40	40	40	40	76,5	40	40	1.963	<b>6,4</b>	0,64
50-TR 9/4/2	83,7	82,1	84,0	82,5	40	40	40	40	40	40	83,1	40	40	1.836	<b>5,5</b>	0,55
51-TR 9/5/1	75,5	74,3	76,2	77,1	40	40	40	40	40	40	75,8	40	40	1.765	<b>5,8</b>	0,58
52-TR 9/5/2	85,3	84,9	85,2	86,3	40	40	40	40	40	40	85,4	40	40	1.830	<b>5,4</b>	0,54
53-TR 9/6/1	80,6	81,0	78,9	79,4	40	40	40	40	40	40	80,0	40	40	2.125	<b>6,6</b>	0,66
54-TR 9/6/2	83,2	82,1	84,2	85,5	40	40	40	40	40	40	83,7	40	40	2.131	<b>6,4</b>	0,64
55-TR 10/4/1	76,1	77,2	75,4	77,8	40	40	40	40	40	40	76,6	40	40	1.564	<b>5,1</b>	0,51
56-TR 10/4/2	83,6	84,0	83,8	85,2	40	40	40	40	40	40	84,2	40	40	1.723	<b>5,1</b>	0,51
57-TR 10/5/1	75,3	74,9	76,2	76,9	40	40	40	40	40	40	75,8	40	40	1.813	<b>6,0</b>	0,60
58-TR 10/5/2	88,3	84,4	87,8	85,9	40	40	40	40	40	40	86,6	40	40	2.031	<b>5,9</b>	0,59
59-TR 10/6/1	79,3	78,5	77,4	76,9	40	40	40	40	40	40	78,0	40	40	2.144	<b>6,9</b>	0,69
60-TR 10/6/2	82,7	81,8	83,2	84,5	40	40	40	40	40	40	83,1	40	40	2.070	<b>6,2</b>	0,62
61-TR 11/4/1	75,0	74,6	75,9	74,2	40	40	40	40	40	40	74,9	40	40	762	<b>2,5</b>	0,25
62-TR 11/4/2	86,8	87,0	86,2	88,3	40	40	40	40	40	40	87,1	40	40	837	<b>2,4</b>	0,24
63-TR 11/5/1	79,1	78,5	77,4	79,8	40	40	40	40	40	40	78,7	40	40	782	<b>2,5</b>	0,25
64-TR 11/5/2	82,4	81,5	83,2	84,7	40	40	40	40	40	40	82,9	40	40	869	<b>2,6</b>	0,26
65-TR 11/6/1	81,5	80,9	82,4	81,7	40	40	40	40	40	40	81,6	40	40	905	<b>2,8</b>	0,28
66-TR 11/6/2	80,7	79,9	81,2	78,6	40	40	40	40	40	40	80,1	40	40	769	<b>2,4</b>	0,24
67-TR 12/4/1	75,4	76,8	77,1	75,0	40	40	40	40	40	40	76,1	40	40	188	<b>0,6</b>	0,06
68-TR 12/4/2	82,0	81,4	83,2	83,9	40	40	40	40	40	40	82,6	40	40	169	<b>0,5</b>	0,05
69-TR 12/5/1	74,8	75,8	76,2	76,9	40	40	40	40	40	40	75,9	40	40	152	<b>0,5</b>	0,05
70-TR 12/5/2	87,8	88,5	86,3	88,5	40	40	40	40	40	40	87,8	40	40	175	<b>0,5</b>	0,05
71-TR 12/6/1	77,2	75,3	76,4	78,0	40	40	40	40	40	40	76,7	40	40	156	<b>0,5</b>	0,05
72-TR 12/6/2	82,8	81,2	83,5	84,7	40	40	40	40	40	40	83,0	40	40	152	<b>0,5</b>	0,05
73-TR 13/4/1	82,4	83,6	85,0	86,9	40	40	40	40	40	40	84,5	40	40	6.247	<b>18,5</b>	1,85
74-TR 13/4/2	82,8	81,4	83,8	84,2	40	40	40	40	40	40	83,0	40	40	7.104	<b>21,4</b>	2,14
75-TR 13/5/1	72,8	71,9	70,4	73,2	40	40	40	40	40	40	72,1	40	40	5.132	<b>17,8</b>	1,78

76-TR 13/5/2	90,5	89,6	91,2	90,7	40	40	40	40	40	40	90,5	40	40	7.588	<b>21,0</b>	2,10
77-TR 13/6/1	83,5	82,5	84,6	81,9	40	40	40	40	40	40	83,1	40	40	7.510	<b>22,6</b>	2,26
78-TR 13/6/2	80,9	79,4	81,3	78,9	40	40	40	40	40	40	80,1	40	40	6.770	<b>21,1</b>	2,11
79-TR 14/4/1	77,6	76,4	75,8	77,2	40	40	40	40	40	40	76,7	40	40	2.105	<b>6,9</b>	0,69
80-TR 14/4/2	85,7	84,2	85,6	83,9	40	40	40	40	40	40	84,8	40	40	2.297	<b>6,8</b>	0,68
81-TR 14/5/1	74,5	73,8	75,4	73,8	40	40	40	40	40	40	74,4	40	40	1.820	<b>6,1</b>	0,61
82-TR 14/5/2	87,7	88,1	88,0	88,5	40	40	40	40	40	40	88,1	40	40	2.449	<b>7,0</b>	0,70
83-TR 14/6/1	80,1	79,4	81,0	78,9	40	40	40	40	40	40	79,9	40	40	2.329	<b>7,3</b>	0,73
84-TR 14/6/2	83,9	82,5	84,3	84,0	40	40	40	40	40	40	83,7	40	40	2.329	<b>7,0</b>	0,70
85-TR 15/4/1	77,1	78,0	76,7	77,1	40	40	40	40	40	40	77,2	40	40	1.203	<b>3,9</b>	0,39
86-TR 15/4/2	86,8	85,2	84,9	86,2	40	40	40	40	40	40	85,8	40	40	1.476	<b>4,3</b>	0,43
87-TR 15/5/1	85,8	84,9	85,7	84,9	40	40	40	40	40	40	85,3	40	40	1.726	<b>5,1</b>	0,51
88-TR 15/5/2	80,5	79,9	81,2	83,2	40	40	40	40	40	40	81,2	40	40	1.246	<b>3,8</b>	0,38
89-TR 15/6/1	82,0	81,4	79,5	82,3	40	40	40	40	40	40	81,3	40	40	1.265	<b>3,9</b>	0,39
90-TR 15/6/2	81,9	82,5	81,0	80,4	40	40	40	40	40	40	81,4	40	40	1.405	<b>4,3</b>	0,43
91-TR 16/4/1	77,6	76,2	75,9	78,9	40	40	40	40	40	40	77,2	40	40	1.723	<b>5,6</b>	0,56
92-TR 16/4/2	85,8	84,3	82,9	86,2	40	40	40	40	40	40	84,8	40	40	1.917	<b>5,7</b>	0,57
93-TR 16/5/1	82,9	81,5	80,6	80,9	40	40	40	40	40	40	81,5	40	40	1.664	<b>5,1</b>	0,51
94-TR 16/5/2	82,1	81,9	82,3	81,7	40	40	40	40	40	40	82,0	40	40	1.606	<b>4,9</b>	0,49
95-TR 16/6/1	84,0	83,5	82,9	83,5	40	40	40	40	40	40	83,5	40	40	1.482	<b>4,4</b>	0,44
96-TR 16/6/2	82,1	83,4	82,7	81,9	40	40	40	40	40	40	82,5	40	40	1.771	<b>5,4</b>	0,54

**APÊNDICE G - RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À ADERÊNCIA À TRAÇÃO, NBR 15258 (ABNT, 2010).**

Traço	N° Amostra	Aglom.		Agreg. Miúdo		Traço	Carga		Média Mpa	Média ajustada Mpa
		% cim	% cal	% nat.	% rec.		kgf	Mpa		
1	1.1	20%	80%	80%	20%	1 : 3	-	-	-	-
	1.2	20%	80%	80%	20%	1 : 3	-	-		
	1.3	20%	80%	80%	20%	1 : 3	-	-		
	1.4	20%	80%	80%	20%	1 : 3	-	-		
	1.5	20%	80%	80%	20%	1 : 3	-	-		
	1.6	20%	80%	80%	20%	1 : 3	-	-		
Traço	N° Amostra	Aglom.		Agreg. Miúdo		Traço	Carga		Média Mpa	Média ajustada Mpa
		% cim	% cal	% nat.	% rec.		kgf	Mpa		
2	2.1	20%	80%	80%	20%	1 : 5	-	-	-	-
	2.2	20%	80%	80%	20%	1 : 5	-	-		
	2.3	20%	80%	80%	20%	1 : 5	-	-		
	2.4	20%	80%	80%	20%	1 : 5	-	-		
	2.5	20%	80%	80%	20%	1 : 5	-	-		
	2.6	20%	80%	80%	20%	1 : 5	-	-		
Traço	N° Amostra	Aglom.		Agreg. Miúdo		Traço	Carga		Média Mpa	Média ajustada Mpa
		% cim	% cal	% nat.	% rec.		kgf	Mpa		
3	3.1	80%	20%	80%	20%	1 : 3	59,8	0,30	0,31	0,31
	3.2	80%	20%	80%	20%	1 : 3	53,8	0,27		
	3.3	80%	20%	80%	20%	1 : 3	51,1	0,26		
	3.4	80%	20%	80%	20%	1 : 3	66,6	0,33		
	3.5	80%	20%	80%	20%	1 : 3	72,9	0,36		
	3.6	80%	20%	80%	20%	1 : 3	65,5	0,33		
Traço	N° Amostra	Aglom.		Agreg. Miúdo		Traço	Carga		Média Mpa	Média ajustada Mpa
		% cim	% cal	% nat.	% rec.		kgf	Mpa		
4	4.1	80%	20%	80%	20%	1 : 5	17,4	0,09	0,19	0,29
	4.2	80%	20%	80%	20%	1 : 5	44,6	0,22		
	4.3	80%	20%	80%	20%	1 : 5	26,4	0,13		
	4.4	80%	20%	80%	20%	1 : 5	26,0	0,13		
	4.5	80%	20%	80%	20%	1 : 5	61,1	0,31		
	4.6	80%	20%	80%	20%	1 : 5	65,9	0,33		

Traço	Nº Amostra	Aglom.		Agreg. Miúdo		Traço	Carga		Média Mpa	Média ajustada Mpa
		% cim	% cal	% nat.	% rec.		kgf	Mpa		
5	5.1	20%	80%	20%	80%	1 : 3	-	-	-	-
	5.2	20%	80%	20%	80%	1 : 3	-	-		
	5.3	20%	80%	20%	80%	1 : 3	-	-		
	5.4	20%	80%	20%	80%	1 : 3	-	-		
	5.5	20%	80%	20%	80%	1 : 3	-	-		
	5.6	20%	80%	20%	80%	1 : 3	-	-		
Traço	Nº Amostra	Aglom.		Agreg. Miúdo		Traço	Carga		Média Mpa	Média ajustada Mpa
6	6.1	20%	80%	20%	80%	1 : 5	-	-	-	-
	6.2	20%	80%	20%	80%	1 : 5	-	-		
	6.3	20%	80%	20%	80%	1 : 5	-	-		
	6.4	20%	80%	20%	80%	1 : 5	-	-		
	6.5	20%	80%	20%	80%	1 : 5	-	-		
	6.6	20%	80%	20%	80%	1 : 5	-	-		
Traço	Nº Amostra	Aglom.		Agreg. Miúdo		Traço	Carga		Média Mpa	Média ajustada Mpa
7	7.1	80%	20%	20%	80%	1 : 3	125,1	0,62	0,53	0,53
	7.2	80%	20%	20%	80%	1 : 3	83,6	0,42		
	7.3	80%	20%	20%	80%	1 : 3	78,3	0,39		
	7.4	80%	20%	20%	80%	1 : 3	109,9	0,55		
	7.5	80%	20%	20%	80%	1 : 3	120,0	0,60		
	7.6	80%	20%	20%	80%	1 : 3	124,5	0,62		
Traço	Nº Amostra	Aglom.		Agreg. Miúdo		Traço	Carga		Média Mpa	Média ajustada Mpa
8	8.1	80%	20%	20%	80%	1 : 5	24,7	0,12	0,33	0,37
	8.2	80%	20%	20%	80%	1 : 5	79,7	0,40		
	8.3	80%	20%	20%	80%	1 : 5	68,7	0,34		
	8.4	80%	20%	20%	80%	1 : 5	74,3	0,37		
	8.5	80%	20%	20%	80%	1 : 5	60,5	0,30		
	8.6	80%	20%	20%	80%	1 : 5	82,9	0,41		
Traço	Nº Amostra	Aglom.		Agreg. Miúdo		Traço	Carga		Média Mpa	Média ajustada Mpa
9	9.1	50%	50%	50%	50%	1 : 4	41,4	0,21	0,20	0,22
	9.2	50%	50%	50%	50%	1 : 4	15,1	0,08		
	9.3	50%	50%	50%	50%	1 : 4	48,3	0,24		
	9.4	50%	50%	50%	50%	1 : 4	47,4	0,24		
	9.5	50%	50%	50%	50%	1 : 4	42,8	0,21		
	9.6	50%	50%	50%	50%	1 : 4	40,5	0,20		

Traço	Nº Amostra	Aglom.		Agreg. Miúdo		Traço	Carga		Média Mpa	Média ajustada Mpa
		% cim	% cal	% nat.	% rec.		kgf	Mpa		
10	10.1	50%	50%	100%	0%	1 : 4	23,7	0,12	0,20	0,23
	10.2	50%	50%	100%	0%	1 : 4	43,6	0,22		
	10.3	50%	50%	100%	0%	1 : 4	65,9	0,33		
	10.4	50%	50%	100%	0%	1 : 4	37,3	0,19		
	10.5	50%	50%	100%	0%	1 : 4	40,1	0,20		
	10.6	50%	50%	100%	0%	1 : 4	27,5	0,14		
Traço	Nº Amostra	Aglom.		Agreg. Miúdo		Traço	Carga		Média Mpa	Média ajustada Mpa
11	11.1	50%	50%	0%	100%	1 : 4	36,1	0,18	0,20	0,20
	11.2	50%	50%	0%	100%	1 : 4	40,8	0,20		
	11.3	50%	50%	0%	100%	1 : 4	45,5	0,23		
	11.4	50%	50%	0%	100%	1 : 4	-	-		
	11.5	50%	50%	0%	100%	1 : 4	-	-		
	11.6	50%	50%	0%	100%	1 : 4	-	-		
Traço	Nº Amostra	Aglom.		Agreg. Miúdo		Traço	Carga		Média Mpa	Média ajustada Mpa
12	12.1	0%	100%	50%	50%	1 : 4	-	-	-	-
	12.2	0%	100%	50%	50%	1 : 4	-	-		
	12.3	0%	100%	50%	50%	1 : 4	-	-		
	12.4	0%	100%	50%	50%	1 : 4	-	-		
	12.5	0%	100%	50%	50%	1 : 4	-	-		
	12.6	0%	100%	50%	50%	1 : 4	-	-		
Traço	Nº Amostra	Aglom.		Agreg. Miúdo		Traço	Carga		Média Mpa	Média ajustada Mpa
13	13.1	100%	0%	50%	50%	1 : 4	61,7	0,31	0,26	0,30
	13.2	100%	0%	50%	50%	1 : 4	60,4	0,30		
	13.3	100%	0%	50%	50%	1 : 4	41,4	0,21		
	13.4	100%	0%	50%	50%	1 : 4	59,4	0,30		
	13.5	100%	0%	50%	50%	1 : 4	59,2	0,30		
	13.6	100%	0%	50%	50%	1 : 4	26,4	0,13		
Traço	Nº Amostra	Aglom.		Agreg. Miúdo		Traço	Carga		Média Mpa	Média ajustada Mpa
14	14.1	50%	50%	50%	50%	1 : 3	57,9	0,29	0,30	0,30
	14.2	50%	50%	50%	50%	1 : 3	52,8	0,26		
	14.3	50%	50%	50%	50%	1 : 3	61,9	0,31		
	14.4	50%	50%	50%	50%	1 : 3	63,4	0,32		
	14.5	50%	50%	50%	50%	1 : 3	77,5	0,39		
	14.6	50%	50%	50%	50%	1 : 3	52,5	0,26		

Traço	Nº Amostra	Aglom.		Agreg. Miúdo		Traço	Carga		Média Mpa	Média ajustada Mpa
		% cim	% cal	% nat.	% rec.		kgf	Mpa		
15	15.1	50%	50%	50%	50%	1 : 5	17,1	0,09	0,16	0,17
	15.2	50%	50%	50%	50%	1 : 5	26,6	0,13		
	15.3	50%	50%	50%	50%	1 : 5	40,8	0,20		
	15.4	50%	50%	50%	50%	1 : 5	21,6	0,11		
	15.5	50%	50%	50%	50%	1 : 5	53,4	0,27		
	15.6	50%	50%	50%	50%	1 : 5	29,1	0,15		
Traço	Nº Amostra	Aglom.		Agreg. Miúdo		Traço	Carga		Média Mpa	Média ajustada Mpa
		% cim	% cal	% nat.	% rec.		kgf	Mpa		
16	16.1	50%	50%	50%	50%	1 : 4	46,2	0,23	0,17	0,20
	16.2	50%	50%	50%	50%	1 : 4	60,3	0,30		
	16.3	50%	50%	50%	50%	1 : 4	40,5	0,20		
	16.4	50%	50%	50%	50%	1 : 4	36,6	0,18		
	16.5	50%	50%	50%	50%	1 : 4	21,6	0,11		
	16.6	50%	50%	50%	50%	1 : 4	-	-		

(-) Não foi possível colocar o equipamento e/ou colar as pastilhas

Obs.: Os resultados que estão em vermelho foram retirados da média, pois estavam fora da variação de  $\pm 3$  vezes o desvio padrão.

**APÊNDICE H - RESULTADOS DOS SOMATÓRIOS DOS  
COMPRIMENTOS DAS FISSURAS NOS REVESTIMENTOS**

Nº TRAÇO					TRAÇO	A/C	Somatório dos comprimento das fissuras (m)
	Aglomerante		Agregado Miúdo				
	% cim	% cal	% natural	% reciclado			
1	20%	80%	80%	20%	1 : 3	1,02	2,56
2	20%	80%	80%	20%	1 : 5	1,47	5,75
3	80%	20%	80%	20%	1 : 3	0,58	1,60
4	80%	20%	80%	20%	1 : 5	1,07	0,80
5	20%	80%	20%	80%	1 : 3	0,93	3,20
6	20%	80%	20%	80%	1 : 5	1,02	3,75
7	80%	20%	20%	80%	1 : 3	0,53	1,36
8	80%	20%	20%	80%	1 : 5	1,06	0,78
9	50%	50%	50%	50%	1 : 4	0,84	2,40
10	50%	50%	100%	0%	1 : 4	0,95	2,16
11	50%	50%	0%	100%	1 : 4	1,16	3,10
12	0%	100%	50%	50%	1 : 4	1,01	7,04
13	100%	0%	50%	50%	1 : 4	0,81	1,32
14	50%	50%	50%	50%	1 : 3	0,74	2,16
15	50%	50%	50%	50%	1 : 5	1,05	3,78
16	50%	50%	50%	50%	1 : 4	0,82	2,76

**APÊNDICE I - RESULTADOS DAS INTERAÇÕES PARA OS EFEITOS ISOLADOS PARA A RESISTENCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO AOS 14 DIAS DE IDADE**

Cimento com o Agregado Miúdo Reciclado					
AMR	0% CIM	20% CIM	50% CIM	80% CIM	100% CIM
0%	0,039	0,136	0,280	0,425	0,522
20%	0,039	0,143	0,298	0,454	0,558
50%	0,039	0,154	0,325	0,497	0,612
80%	0,039	0,164	0,352	0,540	0,666
100%	0,039	0,172	0,370	0,569	0,702

Efeito isolado do Cimento com o Traço			
CIM	Traço 1:3	Traço 1:4	Traço 1:5
0	0,039	0,039	0,039
20	0,171	0,154	0,137
50	0,368	0,325	0,284
80	0,565	0,497	0,431
100	0,697	0,612	0,529

**APÊNDICE J - RESULTADOS DAS INTERAÇÕES PARA OS EFEITOS ISOLADOS PARA A RESISTENCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO AOS 28 DIAS DE IDADE**

Cimento com o Agregado Miúdo Reciclado					
AMR	0% CIM	20% CIM	50% CIM	80% CIM	100% CIM
0%	0,039	0,161	0,212	0,526	0,648
20%	0,039	0,164	0,215	0,537	0,662
50%	0,039	0,168	0,219	0,554	0,683
80%	0,039	0,172	0,223	0,571	0,704
100%	0,039	0,175	0,226	0,582	0,718

Efeito isolado do Cimento com o Traço			
CIM	Traço 1:3	Traço 1:4	Traço 1:5
0	0,039	0,039	0,039
20	0,190	0,168	0,146
50	0,417	0,361	0,307
80	0,644	0,554	0,467
100	0,795	0,683	0,574

**APÊNDICE K - RESULTADOS DAS INTERAÇÕES PARA OS EFEITOS ISOLADOS PARA A RESISTENCIA À COMPRESSÃO AOS 14 DIAS DE IDADE**

Cimento com o Agregado Miúdo Reciclado					
AMR	0% CIM	20% CIM	50% CIM	80% CIM	100% CIM
0%	0,280	0,350	0,455	0,560	0,630
20%	0,567	1,384	2,609	3,834	4,651
50%	0,997	2,934	5,840	8,745	10,682
80%	1,428	4,485	9,071	13,657	16,714
100%	1,715	5,519	11,225	16,931	20,735

Agregado Miúdo Reciclado com o Traço			
AMR	Traço 1:3	Traço 1:4	Traço 1:5
0%	0,475	0,455	0,435
20%	3,071	2,609	2,160
50%	6,965	5,840	4,748
80%	10,859	9,071	7,335
100%	13,455	11,225	9,060

**APÊNDICE L - RESULTADOS DAS INTERAÇÕES PARA OS EFEITOS ISOLADOS PARA A RESISTENCIA À COMPRESSÃO AOS 28 DIAS DE IDADE**

Cimento com o Agregado Miúdo Reciclado				
AMR	20% CIM	50% CIM	80% CIM	100% CIM
0%	0,573	6,231	11,889	15,661
20%	0,857	7,002	13,146	17,243
50%	1,284	8,158	15,033	19,616
80%	1,711	9,315	16,920	21,989
100%	1,995	10,086	18,177	23,571

Cimento com o Traço			
CIM	Traço 1:3	Traço 1:4	Traço 1:5
0%	-2,356	-3,299	-4,215
20%	2,629	1,284	-0,022
50%	10,107	8,158	6,268
80%	17,584	15,033	12,557
100%	22,569	19,616	16,750

Agregado Miúdo reciclado com o Traço			
AMR	Traço 1:3	Traço 1:4	Traço 1:5
0%	8,204	6,231	4,315
20%	8,965	7,002	5,096
50%	10,107	8,158	6,268
80%	11,248	9,315	7,439
100%	12,009	10,086	8,220

**APÊNDICE M - RESULTADOS DAS INTERAÇÕES PARA OS EFEITOS ISOLADOS PARA A RESISTENCIA À ADERÊNCIA À TRAÇÃO AOS 58 DIAS DE IDADE**

Cimento com o Agregado Miúdo Reciclado					
AMR	0% CIM	20% CIM	50% CIM	80% CIM	100% CIM
0%	0,236	0,238	0,241	0,244	0,246
20%	0,158	0,190	0,237	0,285	0,316
50%	0,041	0,117	0,231	0,345	0,421
80%	-0,076	0,045	0,225	0,406	0,526
100%	-0,154	-0,004	0,221	0,446	0,596

Agregado Miúdo Reciclado com o Traço			
AMR	Traço 1:3	Traço 1:4	Traço 1:5
0%	0,064	0,064	0,064
20%	0,147	0,130	0,114
50%	0,273	0,230	0,189
80%	0,398	0,330	0,264
100%	0,481	0,396	0,314

## ANEXOS

ANEXO A – COMPOSIÇÕES DE CUSTOS SECRETÁRIA DE INFRA  
ESTRUTURA DO ESTADO DO CEARÁ-SEINFRA

**ANEXOS**

## ANEXO A – COMPOSIÇÕES DE CUSTOS SECRETÁRIA DE INFRAESTRUTURA DO ESTADO DO CEARÁ-SEINFRA

← VOLTAR    🖨️ IMPRIMIR					
Tabela de Custos					
Versão 017A					
C1220 - EMBOÇO C/ ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA S/ PENEIRAR, TRAÇO 1:3					
Preço Adotado: 15,61					Unid: M2
Código	Descrição	Unidade	Coefficiente	Preço	Total
MAO DE OBRA					
I2391	PEDREIRO	H	0,6000	4,3600	2,6160
I2543	SERVENTE	H	0,8000	2,7700	2,2160
<b>TOTAL MAO DE OBRA</b>					<b>4,8320</b>
MATERIAIS					
I0109	AREIA MEDIA	M3	0,0243	35,0000	0,8505
I0805	CIMENTO PORTLAND	KG	9,7200	0,4000	3,8880
<b>TOTAL MATERIAIS</b>					<b>4,7385</b>
Total Simples					9,57
Encargos					6,04
BDI					0,00
<b>TOTAL GERAL</b>					<b>15,61</b>

← VOLTAR    🖨️ IMPRIMIR					
Tabela de Custos					
Versão 017A					
C1221 - EMBOÇO C/ ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA S/ PENEIRAR, TRAÇO 1:4					
Preço Adotado: 14,64					Unid: M2
Código	Descrição	Unidade	Coefficiente	Preço	Total
MAO DE OBRA					
I2391	PEDREIRO	H	0,6000	4,3600	2,6160
I2543	SERVENTE	H	0,8000	2,7700	2,2160
<b>TOTAL MAO DE OBRA</b>					<b>4,8320</b>
MATERIAIS					
I0109	AREIA MEDIA	M3	0,0243	35,0000	0,8505
I0805	CIMENTO PORTLAND	KG	7,3000	0,4000	2,9200
<b>TOTAL MATERIAIS</b>					<b>3,7705</b>
Total Simples					8,60
Encargos					6,04
BDI					0,00
<b>TOTAL GERAL</b>					<b>14,64</b>

← VOLTAR     IMPRIMIR

### Tabela de Custos

Versão 017A

**C1226 - EMBOÇO C/ ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA S/ PENEIRAR, TRAÇO 1:5**

Preço Adotado: 14,06

Unid: M2

Código	Descrição	Unidade	Coeficiente	Preço	Total
MAO DE OBRA					
I2391	PEDREIRO	H	0,6000	4,3600	2,6160
I2543	SERVENTE	H	0,8000	2,7700	2,2160
<b>TOTAL MAO DE OBRA</b>					<b>4,8320</b>
MATERIAIS					
I0109	AREIA MEDIA	M3	0,0243	35,0000	0,8505
I0805	CIMENTO PORTLAND	KG	5,8400	0,4000	2,3360
<b>TOTAL MATERIAIS</b>					<b>3,1865</b>
Total Simples					8,02
Encargos					6,04
BDI					0,00
<b>TOTAL GERAL</b>					<b>14,06</b>