



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

MARIANA DOMINGUES VON PAUMGARTTEN LIRA

**COMPORTAMENTO DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO QUANTO À  
RETRAÇÃO, FISSURAÇÃO E MECANISMO DE DESCOLAMENTO EM  
SUBSTRATOS DE CONCRETO**

BELÉM

2013

MARIANA DOMINGUES VON PAUMGARTTEN LIRA

**COMPORTAMENTO DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO QUANTO À  
RETRAÇÃO, FISSURAÇÃO E MECANISMO DE DESCOLAMENTO EM  
SUBSTRATOS DE CONCRETO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Curso de  
Pós Graduação de em Engenharia Civil da  
Universidade Federal do Pará.

Orientador: Professor Dr. Alcebíades Negrão  
Macêdo

Coordenador: Professor Dr. José Claudio Blanco

BELÉM

2013



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

MARIANA DOMINGUES VON PAUMGARTTEN LIRA

**COMPORTAMENTO DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO QUANTO À  
RETRAÇÃO, FISSURAÇÃO E MECANISMO DE DESCOLAMENTO EM  
SUBSTRATOS DE CONCRETO**

Aprovado em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Alcebíades Negrão Macedo  
Orientador/UFPA

---

Prof. Dra. Isaura Nazaré Lobato Paes  
Examinadora Externa/UFPA

---

Prof. Dr. Paulo Sérgio Lima Souza  
Examinador Interno/UFPA

---

Prof. Dr. Marcelo de Souza Picanço  
Examinadora Externa/UFPA

BELÉM

2013

À Deus primeiramente, aos meus pais Wilson e Maria Augusta pelo imensurável apoio, perseverança e palavras de conforto, e ao meu esposo Danillo pela paciência e amor dado ao longo da pesquisa.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof<sup>o</sup> Dr. Alcebíades pela compreensão e pelo apoio cedido durante o período de orientação do trabalho.

À Prof<sup>a</sup> Dra. Isaura Paes que iniciou como minha orientadora, pela dedicação e pelo apoio que foram fundamentais para conclusão desta pesquisa.

Aos professores Dr. Marcelo Picanço e Dr. Paulo Sérgio e Dra. Luciana Cordeiro que sempre estiveram disponíveis para ajudar.

Aos professores da Universidade da Amazônia, Dr. Miguel Chaquiam e Selênio Silva pela paciência e palavras de apoio durante o período de finalização desta etapa.

À Universidade da Amazônia, pela doação de materiais e que cedeu suas instalações para que eu pudesse finalizar o trabalho.

Ao colaborador da Supermassa Eduardo e Carlos Eduardo pela contribuição nos ensaios realizados fora da universidade.

À Universidade Federal do Pará pela oportunidade, à aluna do PET Luciana pela ajuda e à todos os professores que se dedicaram ao longo do mestrado.

Aos meus amigos do mestrado Felipe e Graziela, que seguem na busca pelo conhecimento.

À minha família, que é a minha razão de viver, onde agradeço por todas as palavras de conforto para que eu finalizasse a pesquisa.

E, principalmente à Deus e à Nossa Senhora de Nazaré que me acompanharam durante toda a minha caminhada e estão presentes em minha vida.

## RESUMO

Esta pesquisa objetiva avaliar a retração, através da movimentação superficial de argamassa, ocorrência de fissuração e descolamento do revestimento. Foram escolhidos dois tipos de substrato, um com resistência de 30 MPa e o segundo com 40 MPa, dois tipos de argamassa, uma aditivada e uma mista, e duas espessuras da camada de revestimento, de 15 mm e 30 mm, com condição de exposição simulada à realidade da região.

Para isso, foram realizados ensaios de caracterização das argamassas no estado fresco (consistência, retenção de água, ar incorporado e densidade de massa) e no estado endurecido (resistência à compressão axial, tração na flexão, densidade de massa aparente, absorção de água, índice de vazios e massa específica).

Após a confecção dos corpos-de-prova para avaliação, foram medidas às movimentações superficiais da argamassa durante 28 dias e ocorrência das fissuras e descolamento, bem como a verificação da resistência de aderência à tração do revestimento e a perda de água por evaporação das argamassas.

Como resultados desta pesquisa, foram constatados que a variação da resistência do substrato não apresentou diferença significativa na análise da retração, bem como a espessura da camada para algumas séries. Constatou-se também que o tipo da argamassa, ou seja, a composição do material exerce influência direta na retração das mesmas.

Em relação à perda de água das argamassas por evaporação, pode-se perceber que o aditivo incorporador de ar obteve mais êxito na retenção de água dos materiais. No ensaio de resistência de aderência à tração, foi verificado que a influência mais significativa foi em relação à composição das argamassas e que as mesmas apresentaram valores acima dos mínimos permitidos por norma.

**Palavras-Chave:** argamassa, revestimento, retração, fissuração.

Lira, Mariana Domingues von Paumgarten. COMPORTAMENTO DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO QUANTO À RETRAÇÃO, FISSURAÇÃO E MECANISMO DE DESCOLAMENTO EM SUBSTRATOS DE CONCRETO. Belém, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, 2013. 110 p. Dissertação

## ABSTRACT

This research aims to evaluate the retraction, by the mortar superficial movement, occurrence of cracking and detachment of the mortar. Were chosen two types of substrate, one with a 30 MPa resistance and other with 40 MPa resistance, also were used two types of mortar, one with additive and other lime based, two thicknesses of coating layer, from 15 mm and 30 mm, and was simulated the exposure condition that the region has.

For this, tests were performed to characterize the mortar in the fresh state (consistency, water retention, air entrainment and mass density) and in the hardened state (compressive strength, tensile strength in bending, specific gravity, water absorption, voids and density).

After preparation of the samples for evaluation, were taken the measures of superficial movement of the mortar for 28 days and the occurrence of cracks and detachment, as well as the verification of the bond strength of the coating and also the loss of water by evaporation of mortars.

As a result of this research, it was observed that the variation of the resistance of the substrate analysis not showed a significant difference in the shrinkage, as well as the thickness of the layer to some series. It was also found that the type of mortar, or the material composition, has a direct influence on retraction.

With regard to water loss by evaporation from the mortar, it can be seen that the additive achieved greater success in water retention materials. In the test of bond strength, was found that the most significant influence was in relation to the composition of the mortars and that they had values above the minimum allowed by regulatory norm.

**Keywords:** mortar, coating, retraction, cracking.

Lira, Mariana Domingues von Paumgarten. BEHAVIOR OF MORTAR COATING AS RETRACTION, CRACKING AND MECHANISM OF DETACHMENT IN CONCRETE SUBSTRATE. The Civil Engineering Department, Federal University of Pará, 2013. 110 p. Dissertation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Solicitações impostas às superfícies externas da edificação (Leal, 2003)	19
Figura 2 – Representação esquemática de um poro sob processo de transporte de umidade (Andrade et al., 1999 apud. Pereira, 2007).....	26
Figura 3 – Fenômeno da capilaridade (Freitas, 1997 apud. Pereira, 2007) .....	28
Figura 4 – Influência das condições iniciais de cura sobre a perda de água por evaporação de pastas de cimento, relação a/c = 0,29 (Bastos, 2001).....	31
Figura 5 – Influência da espessura da camada de argamassa na perda de água por evaporação (Bastos, 2001) .....	33
Figura 6 – Fluxograma de apresentação das variáveis do ensaio de acompanhamento da movimentação superficial do revestimento .....	36
Figura 7 – Fluxograma do programa experimental.....	37
Figura 8 – Tipos de argamassas utilizadas na pesquisa .....	38
Figura 9 – Análise granulométrica do agregado miúdo natural .....	41
Figura 10 – Confeção das placas de concreto .....	44
Figura 11 – Corpo-de-prova usado para o acompanhamento da movimentação superficial do revestimento – desenho esquemático (Pereira, 2007).....	45
Figura 12 – Fluxograma do processo da preparação das amostras .....	46
Figura 13 – Aplicação do chapisco rolado.....	47
Figura 14 – Placas com chapisco aplicado .....	47
Figura 15 – Placa com argamassa aplicada .....	48
Figura 16 – Painel de lâmpadas infravermelhas .....	49
Figura 17 – Controle da temperatura através de termômetro a laser.....	50
Figura 18 – Fluxograma dos ensaios de caracterização das argamassas de revestimento.....	51
Figura 19 – Misturador para produção das argamassas .....	52
Figura 20 – Aparelho medidor de ar incorporado tipo B.....	53
Figura 21 – Etapas do ensaio de determinação do índice de consistência pela mesa: a. argamassa no molde tronco cônico. b. argamassa após a retirada do molde. c. argamassa após subida e caída da mesa.....	55
Figura 22 – Aparelhagem para o ensaio de retenção de água .....	56

Figura 23 – Ilustração com a localização e identificação dos pontos no corpo-de-prova (Pereira, 2007) .....	60
Figura 24 – Aparelho confeccionado para realização das leituras da movimentação superficial. a. vista superior do aparelho. b. vista lateral do aparelho .....	61
Figura 25 – Martelo utilizado para o ensaio de acompanhamento do descolamento	62
Figura 26 – Etapas do ensaio de aderência à tração do revestimento. a. placa com 12 pastilhas a serem arrancadas. b. aparelho de arrancamento.....	63
Figura 27 – Gráfico da média da movimentação superficial em relação ao centro das placas 30.AA.15 – 1, 2 e 3 .....	67
Figura 28 – Gráfico da média da movimentação superficial em relação ao centro das placas 30.AA.30 – 1, 2 e 3 .....	68
Figura 29 – Gráfico da média da movimentação superficial em relação ao centro das placas 30.AM.15 – 1, 2 e 3.....	68
Figura 30 – Gráfico da média da movimentação superficial em relação ao centro das placas 30.AM.30 – 1, 2 e 3.....	69
Figura 31 – Gráfico da média da movimentação superficial em relação ao centro das placas 40.AA.15 – 1, 2 e 3 .....	69
Figura 32 – Gráfico da média da movimentação superficial em relação ao centro das placas 40.AA.30 – 1, 2 e 3 .....	70
Figura 33 – Gráfico da média da movimentação superficial em relação ao centro das placas 40.AM.15 – 1, 2 e 3.....	70
Figura 34 – Gráfico da média da movimentação superficial em relação ao centro das placas 40.AM.30 – 1, 2 e 3.....	71
Figura 35 – Gráfico da média da movimentação superficial em relação ao centro das placas .....	71
Figura 36 – Análise de variância entre as variáveis do estudo .....	72
Figura 37 – Fluxograma da comparação entre as variáveis do estudo .....	74
Figura 38 – Gráfico de comparação da média das movimentações superficiais aos 28 dias entre os tipos de substratos.....	75
Figura 39 – Gráfico de comparação da média das movimentações superficiais aos 28 dias entre os tipos de argamassa.....	76
Figura 40 – Gráfico de comparação da média das movimentações superficiais aos 28 dias entre as diferentes espessuras da camada de revestimento.....	77

Figura 41 – Gráfico do acompanhamento da fissuração .....	79
Figura 42 – Gráfico da perda de água por evaporação .....	80
Figura 43 – Gráfico do resultado ensaio de aderência à tração do revestimento .....	82
Figura 44 – Análise de variância entre os resultados médios do ensaio de resistência de aderência.....	83

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Espessuras admissíveis para o revestimento de argamassas (ABNT NBR 13749/1996) .....	21
Tabela 2 – Espessuras mínimas nos pontos críticos do revestimento de argamassa (Baía e Sabbatini, 2004).....	22
Tabela 3 – Características físicas do cimento Portland CII-Z 32 .....	39
Tabela 4 – Características químicas da Cal Hidratada Tipo I .....	39
Tabela 5 – Características físicas da Cal Hidratada Tipo I.....	40
Tabela 6 – Caracterização física da areia natural .....	40
Tabela 7 – Granulometria do agregado miúdo natural .....	41
Tabela 8 – Composição da argamassa mista .....	42
Tabela 9 – Características dos concretos .....	43
Tabela 10 – Médias dos resultados do ensaio de resistência à compressão dos corpos-de-prova cilíndricos .....	43
Tabela 11 – Dimensões finais das amostras revestidas com argamassa .....	49
Tabela 12 – Nomenclatura dos corpos-de-prova para acompanhamento da movimentação superficial.....	50
Tabela 13 – Resultados dos ensaios de caracterização das argamassas no estado fresco .....	65
Tabela 14 – Resultados dos ensaios de caracterização das argamassas no estado endurecido.....	66
Tabela 15 – Classificação das argamassas segundo a NBR 13281/2005.....	66
Tabela 16 – Resultados da análise de variância (ANOVA) entre as variáveis da movimentação superficial.....	72
Tabela 17 – Resultados da análise de múltipla das médias da movimentação superficial .....	73
Tabela 18 – Resultados do ensaio de resistência à tração .....	81
Tabela 19 – Resultados da análise de variância (ANOVA) da resistência de aderência.....	83
Tabela 20 – Resultados da análise de múltipla das médias da resistência de aderência.....	84

## SUMÁRIO

### LISTA DE FIGURAS

### LISTA DE TABELAS

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 IMPORTÂNCIA DO TEMA E JUSTIFICATIVA .....	13
1.2 OBJETIVOS .....	16
1.3 ESTRUTURA DA PESQUISA .....	16
<b>2 SISTEMA DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA .....</b>	<b>18</b>
2.1 REVESTIMENTO DE ARGAMASSA .....	20
2.2 EFEITO DE RETRAÇÃO NAS ARGAMASSAS .....	22
2.3 MECANISMOS DE TRANSPORTE E FIXAÇÃO DE ÁGUA .....	25
2.4 PERDA DE ÁGUA DA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO .....	28
<b>2.4.1 EVAPORAÇÃO.....</b>	<b>29</b>
<b>2.4.2 SUCÇÃO DO SUBSTRATO .....</b>	<b>33</b>
<b>3 PROGRAMA EXPERIMENTAL, MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>36</b>
3.1 VARIÁVEIS DO ESTUDO .....	36
3.2 DESCRIÇÃO DO PROGRAMA EXPERIMENTAL .....	37
3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS EMPREGADAS NO SISTEMA DE REVESTIMENTO EM SUBSTRATO DE CONCRETO.....	38
<b>3.3.1 ARGAMASSA ADITIVADA .....</b>	<b>38</b>
<b>3.3.2 ARGAMASSA MISTA.....</b>	<b>38</b>
3.4 DEFINIÇÃO DO CORPO-DE-PROVA (MODELO PEREIRA) .....	42
<b>3.4.1 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS .....</b>	<b>44</b>
3.4.1.1 SUBSTRATO .....	46
3.4.1.2 ARGAMASSA DE REVESTIMENTO.....	47
3.4.1.3 ESPESSURA DA CAMADA DE REVESTIMENTO .....	48
3.4.1.4 CONDIÇÕES DE EXPOSIÇÃO.....	49
3.4.1.5 NOMENCLATURA DAS AMOSTRAS .....	50
<b>3.4.2 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS .....</b>	<b>51</b>
<b>3.4.2.1 ESTADO FRESCO.....</b>	<b>52</b>
<b>3.4.2.2 ESTADO ENDURECIDO .....</b>	<b>57</b>
3.5 ACOMPANHAMENTO DA MOVIMENTAÇÃO SUPERFICIAL DO REVESTIMENTO .....	60
<b>3.5.1 DETERMINAÇÃO DA MOVIMENTAÇÃO SUPERFICIAL .....</b>	<b>60</b>

<b>3.5.2 ACOMPANHAMENTO DA FISSURAÇÃO .....</b>	<b>62</b>
<b>3.5.3 ACOMPANHAMENTO DO DESCOLAMENTO .....</b>	<b>62</b>
<b>3.6 ENSAIOS COMPLEMENTARES.....</b>	<b>63</b>
<b>3.6.1 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DO REVESTIMENTO .....</b>	<b>63</b>
<b>3.6.2 AVALIAÇÃO DA PERDA DE ÁGUA DAS ARGAMASSAS POR EVAPORAÇÃO.....</b>	<b>63</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>65</b>
<b>4.1 RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS.....</b>	<b>65</b>
<b>4.2 RESULTADOS DA MOVIMENTAÇÃO SUPERFICIAL DO REVESTIMENTO....</b>	<b>67</b>
<b>4.2.1 VERIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO SUBSTRATO .....</b>	<b>74</b>
<b>4.2.2 VERIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO TIPO DE ARGAMASSA.....</b>	<b>76</b>
<b>4.2.3 VERIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA ESPESSURA DA CAMADA DE REVESTIMENTO .....</b>	<b>77</b>
<b>4.3 RESULTADOS DA OCORRÊNCIA DE DESCOLAMENTO E FISSURAÇÃO ....</b>	<b>78</b>
<b>4.4 RESULTADOS DOS ENSAIOS COMPLEMENTARES.....</b>	<b>80</b>
<b>4.4.1 PERDA DE ÁGUA DAS ARGAMASSAS .....</b>	<b>80</b>
<b>4.4.2 RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DO REVESTIMENTO.....</b>	<b>81</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>85</b>
<b>5.1 CONCLUSÕES .....</b>	<b>85</b>
<b>5.2 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS .....</b>	<b>87</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>88</b>
<b>APÊNDICE A - RESULTADOS MÉDIOS DA MOVIMENTAÇÃO SUPERFICIAL....</b>	<b>95</b>
<b>APÊNDICE B - RESULTADOS MÉDIOS DA PERDA DE ÁGUA DAS ARGAMASSAS.....</b>	<b>100</b>
<b>APÊNDICE C - RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO .....</b>	<b>102</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 IMPORTÂNCIA DO TEMA E JUSTIFICATIVA

O sistema de revestimento de argamassa aplicado como elemento de acabamento final de vedações é a solução construtiva mais utilizada em obras de edificações atualmente. Embora seja uma técnica muito antiga e largamente difundida, ainda se apresenta como a mais econômica e possui alta disponibilidade de seus materiais componentes.

Pode-se destacar como funções do sistema de revestimento, a proteção dos elementos de vedação dos edifícios da ação direta dos agentes agressivos, isolamento termo-acústico, estanqueidade à água e aos gases, regularização das superfícies e na contribuição da estética da edificação. Segundo Pereira (2007), cabe ressaltar que não é função do sistema de revestimento fazer correções ou esconder imperfeições grosseiras do substrato, muitas vezes fora de prumo e desalinhado, devido à falta de cuidados durante sua execução, e que por conta disto, repercutirá no desempenho do sistema.

Existem inúmeros fatores que influenciam o comportamento do sistema de revestimento em argamassa de uma edificação. As propriedades dos materiais componentes da argamassa, o tipo de substrato, a técnica de execução e o clima da região onde está sendo construída a edificação são os principais fatores que influenciarão diretamente no desempenho deste revestimento.

Para Stolz (2011), a falta de controle tecnológico e conhecimento técnico na produção de argamassas resultam no surgimento de manifestações patológicas, fato que compromete o adequado cumprimento de suas principais funções de proteção e acabamento estético das edificações.

Atualmente, a utilização das argamassas ainda é de modo empírico, sem estudar suas características e aplicabilidades. Araújo Jr. (2004), cita as seguintes peculiaridades que dificultam a obtenção de parâmetros aplicados para as argamassas de revestimento:

- a variabilidade muito grande da resistência de aderência das argamassas pela influência direta da aplicação manual por parte da mão de obra;

- as propriedades das argamassas no estado fresco que precisam ser diferenciadas, como a plasticidade e consistência, para que possam ser aplicadas. Essas propriedades têm grande influência nas propriedades da argamassa aplicada;
- a falta de conhecimento de quais propriedades devem ser avaliadas e quais métodos serem adotados para traçar um perfil comportamental ou de desempenho, ou até mesmo para especificar uma argamassa para uma determinada aplicação; e
- a quantidade de variáveis presentes em um sistema de revestimento, como o tipo de substrato, o preparo da base, os materiais constituintes das argamassas, a sua dosagem, assim como o meio que foram aplicadas, que também irão interferir nas propriedades do revestimento.

A perda do desempenho do revestimento conseqüentemente acarreta prejuízos econômicos consideráveis, o que afeta diretamente a integridade da edificação, causando não só prejuízos habitacionais e ao conforto, mas também o comprometimento da estética da construção (Carasek, 1996).

Segundo Paes (2004), apesar do avanço no estudo das argamassas e no desenvolvimento de novos materiais, em determinadas avaliações ainda é notório o caráter empírico nas proposições de algumas soluções. Como exemplo, ainda cita a formulação de argamassas de revestimento que atendam, no estado fresco, dentre outras, condições adequadas de trabalhabilidade, coesão, retenção de água e tixotropia. Na maioria das vezes para se chegar a essas, opta-se por soluções empíricas, baseadas na experiência de oficiais pedreiros, com resultados imprevisíveis e, logicamente, com grandes possibilidades de desenvolvimento de manifestações patológicas.

Para Baía e Sabbatini (2004), destacam que vem crescendo nos últimos anos, por parte da indústria da construção civil, a busca por um desenvolvimento tecnológico com finalidade principal obter ganhos de qualidade nos seus produtos e redução dos custos nos processos construtivos, mesmo assim, não sendo suficiente para superar a utilização de soluções empíricas. No mercado competitivo atual, essas empresas estão em um processo de mudança, trocando os conceitos de base empírica pela científica, visando diminuir os desperdícios e gastos adicionais, assim, reduzindo o índice de ocorrência de fenômenos patológicos, porém, deve-se

ressaltar que ainda é grande a quantidade de edificações que apresentam patologias nos revestimentos.

As manifestações patológicas mais propensas à se manifestarem na região metropolitana de Belém são a fissuração e o descolamento do revestimento, tendo como causa, principalmente, a umidade relativa do ar, que para os padrões brasileiros é muito alta, em torno de 86%. Essas manifestações podem estar associadas ao fenômeno de retração das argamassas de revestimento, causada pela perda de água da argamassa no estado fresco para o substrato e para o ambiente, onde também está ligada à granulometria da areia da região considerada por norma como fina.

A fissuração do revestimento é causada por tensões exercidas, pelos diferentes materiais que constituem o sistema de revestimento, nas interfaces dos mesmos e essa diferença de comportamento pode comprometer a estanqueidade à água e aos gases. Pode-se concluir que o desempenho mecânico da argamassa está diretamente ligado ao seu estado fresco, ou seja, ao transporte de água no seu interior.

Diante disto, muitos trabalhos (CARASEK, 1996; BASTOS, 2001; PAES, 2004; PEREIRA, 2007; SILVA 2011) vieram sendo desenvolvidos durante anos a fim de entender o comportamento químico, físico e reológico dos revestimentos para que fosse reduzido o surgimento das manifestações patológicas, garantindo assim, melhor desempenho por parte das argamassas de revestimento em várias situações de aplicação e condições de exposição.

Dentro deste contexto, algumas lacunas continuam presentes, principalmente no que tange aos fatores que interferem na movimentação de água nas argamassas e suas consequências. A pesquisa utilizará o modelo de estudo comportamental proposto por Pereira (2007), modificando algumas variáveis, com finalidade de comparar aos estudos existentes, submetendo as argamassas à uma condição de exposição ambiente severa, encontrada na região metropolitana de Belém, onde será realizada a avaliação da movimentação superficial da argamassa.

## 1.2 OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como objetivo principal avaliar a retração, através da movimentação superficial, de argamassa aplicada sobre substratos de concreto, com diferentes resistências mecânicas, aos fenômenos de retração, fissuração e descolamento do revestimento, em termos de solicitações e deformações. O enfoque principal será nos momentos iniciais pós-aplicação e em idades subsequentes, através de exposição do revestimento à simulação da situação climática de variação brusca de temperatura, encontrada na região metropolitana de Belém, que se caracteriza por ter picos de temperaturas altas, como também a ocorrência de chuvas durante a tarde, em alguns meses do ano.

Com relação aos objetivos específicos para essa pesquisa, tem-se:

- Realizar a caracterização dos materiais utilizados para execução das argamassas;
- Avaliar os fenômenos de retração, fissuração e descolamento do revestimento de argamassa, considerando a movimentação superficial do mesmo;
- Verificar a influência da variação da resistência mecânica do substrato de concreto ao comportamento do revestimento;
- Avaliar a influência do tipo de argamassa utilizada e espessura da mesma no comportamento do revestimento;
- Avaliar a resistência de aderência à tração do revestimento;
- Verificar a perda de água das argamassas por evaporação.

## 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO DE PESQUISA

Esta pesquisa encontra-se dividida em 5 capítulos. No primeiro capítulo, é apresentada a justificativa que motivaram este trabalho, os objetivos e a delimitação da pesquisa.

No segundo capítulo, são discutidos os aspectos existentes na bibliografia que aborda o comportamento das argamassas de revestimento, como o mecanismo de transporte e fixação de água na argamassa no estado fresco, as características

de perda de água da mesma e sua relação direta com o desempenho do revestimento, na forma de retração da argamassa.

O programa experimental é apresentado no terceiro capítulo, onde são expostas as variáveis do estudo, os ensaios de caracterização dos materiais, os procedimentos de ensaios realizados para avaliação das propriedades das argamassas no estado fresco e a descrição da metodologia adotada para análise na movimentação do revestimento.

O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos no programa experimental e a análise dos mesmos.

No quinto capítulo são tecidas as principais conclusões da pesquisa, como também sugestão para pesquisas futuras.

## 2 SISTEMA DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA

O revestimento de argamassa é considerado elemento do sistema de vedações verticais da edificação. De acordo com Araújo Jr. (2004), o sistema de vedações verticais compõe-se de um sistema de revestimento complexo com vários elementos, onde estão incluídos o revestimento externo, o substrato e o revestimento interno. As características desses componentes irão depender diretamente do tipo de materiais empregados na argamassa e do tipo e propriedades do substrato.

O sistema de revestimento de argamassa é definido pela NBR 13529 (ANBT, 1995), como “Conjunto formado por revestimento de argamassa e acabamento decorativo, compatível com a natureza da base, condições de exposição, acabamento final e desempenho, previstos em projeto”. Segundo Moura (2007 *apud*. Tusset, 2010), a qualidade do sistema de revestimento influencia diretamente a habitabilidade das edificações, no que se refere à salubridade, conforto e durabilidade. Conclui-se então, que este elemento vai muito além de componente estrutural, mas também tem papel importante em relação ao conforto do usuário.

Recena (2008) cita que as principais funções do revestimento são de proteger as edificações das tensões de origem climáticas e mecânicas, proporcionar uma estética agradável aos usuários, reduzir a permeabilidade do substrato, garantir um acabamento satisfatório da superfície revestida, absorver deformações naturais e ajudar no isolamento termo-acústico da edificação.

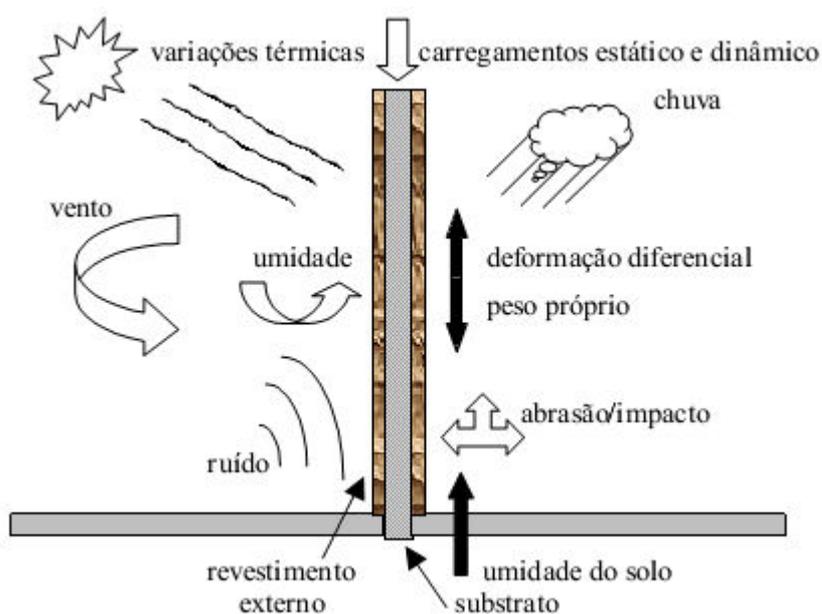
Para que os revestimentos possam cumprir adequadamente essas funções, devem apresentar um grupo de propriedades específicas referentes à argamassa, tanto no estado fresco quanto no estado endurecido. Selmo (1989) destaca como propriedades no estado fresco a massa específica, o teor de ar, as propriedades reológicas, trabalhabilidade, retenção de água, aderência inicial e retração na secagem, e para o estado endurecido à aderência, a capacidade de absorver deformações, resistência mecânica, permeabilidade e durabilidade.

Cincotto *et al.* (1995) destacam que as condições de desempenho de um revestimento de argamassa são afetadas por diversos fatores; estes fatores classificam-se em extrínsecos e intrínsecos e distribuem-se por várias fases do processo de produção, uso e manutenção.

Os extrínsecos são relacionados às solicitações sobre o sistema de revestimento, enquanto os intrínsecos são os que se relacionam com as propriedades e aos atributos de materiais, componentes e sistemas.

Os principais fatores intrínsecos que definem o comportamento dos revestimentos são: a natureza, a granulometria e a proporção dos materiais constituintes, procedimentos de preparação dos substratos de aplicação, propriedades destes substratos, qualidade de execução e espessura final dos revestimentos (Leal, 2003). Os fatores extrínsecos podem ser vistos na Figura 1.

Figura 1 - Solicitações impostas às superfícies externas da edificação (Leal, 2003).



Diante disto, em relação aos fatores intrínsecos, o desempenho dos sistemas de revestimento de argamassa é diretamente influenciado pelos seguintes fatores: tipo de substrato, camada de preparo do substrato e pelo tipo e características da argamassa de revestimento empregada no sistema.

Gasperin (2011), afirma que para produzir revestimentos de argamassa eficientes e duráveis são preceitos básicos: conhecer os materiais empregados; saber avaliar as propriedades dos substratos, argamassas e revestimentos; e, principalmente, ter a capacidade de bem avaliar a interação da argamassa com o substrato.

## 2.1 REVESTIMENTO DE ARGAMASSA

Entende-se como argamassa um material composto, formado pela composição, em proporções adequadas, de aglomerante hidráulico, agregados miúdos e água, podendo ainda conter aditivos e adições, onde possui propriedades de aderência e endurecimento (ANBT NBR 13529/1995).

Para Pereira (2007), pode ser ainda definida como um material que possui duas frações, uma ativa, composta pelos aglomerantes, e outra, dita inerte, formada pelos agregados. Para a maioria das argamassas mistas de revestimento, a fração ativa é composta por cimento e cal hidratada, onde se admite que o cimento seja responsável por grande parte da resistência mecânica e, a cal, pela capacidade de deformação. A outra fração, a inerte, seria composta por areia, já que não participa das reações químicas de endurecimento.

A ABNT NBR 13529/1995 define como revestimento, o cobrimento de uma superfície com uma ou mais camadas superpostas de argamassa, apto a receber acabamento decorativo ou constituir-se em acabamento final. Já a base ou substrato é a parede ou teto, constituídos de material inorgânico, não metálico, sobre os quais o revestimento é aplicado.

O revestimento de argamassa tem como principais funções:

- proteger os elementos de vedações das edificações da ação de agentes agressivos, com isso evitando a degradação precoce das mesmas, consequentemente aumentando a vida útil e reduzindo os custos com reparos;
- servir como isolante termo-acústico, impedindo a penetração de água/gases e promover segurança em caso de incêndio;
- regularizar a superfície dos elementos de vedação, servindo de base regular e adequada ao recebimento de novos revestimentos; e
- constituir-se no acabamento final.

As propriedades dessas argamassas irão depender das características dos materiais constituintes da mesma, bem como de fatores ligados à aplicação *in loco*, como por exemplo, o tipo e composição do material sobre o qual a argamassa será aplicada, o método de mistura da mesma e as condições climáticas de umidade e

temperatura ambiente. Scartezini (2002) reforça que as características da argamassa estão intimamente ligadas à sua quantidade de água inicial, ao tipo, natureza e finura do aglomerante, utilização ou não de aditivos e à granulometria do agregado miúdo. Estas características irão afetar diretamente as propriedades de trabalhabilidade, plasticidade, consistência inicial, adesão inicial, aderência e retenção de água, sendo estas propriedades importantes para o desempenho do revestimento de argamassa.

Como os revestimentos de argamassa são constituídos de materiais diferentes e são executados em camadas justapostas, qualquer deformação em uma dessas camadas faz surgir tensões em todo o sistema. A intensidade dessas tensões irá depender de inúmeros fatores, tais como, espessura, módulo de elasticidade e de outras características da própria camada (Fiorito, 1994 *apud*. Pereira, 2007).

A ABNT NBR 13749/1996 limita a espessura dessas camadas, para revestimentos internos e externos e indica os valores, como podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1 – Espessuras admissíveis para o revestimento de argamassas (ABNT NBR 13749/1996).

<b>Revestimento</b>	<b>Espessura (mm)</b>
Parede interna	$5 \leq e \leq 20$
Parede externa	$20 \leq e \leq 30$
Tetos internos e externos	$e \leq 20$

Na prática, torna-se quase impossível seguir os padrões exigidos por norma sem variações, tendo em vista que quando se executa o revestimento externo de uma edificação, por maior que tenha sido o cuidado em manter o prumo das estruturas e das alvenarias, sempre existirão casos em que a espessura chegará a ultrapassar os valores limites normalizados.

Para Pereira (2007), na maioria das vezes, esses revestimentos, com elevada espessura, podem ocasionar problemas não só de sobrecargas da estrutura, como também de fissuração causada pela retração de argamassas de

revestimento. Cabe lembrar, que as camadas de argamassa que são aplicadas com espessuras superiores a 30 mm estão mais suscetíveis a sofrerem retração na secagem e apresentarem fissuras, além de não acompanharem as deformações da estrutura, pois a sua capacidade de absorção de tensões é baixa.

Em contrapartida, há autores (BAÍA E SABBATINI, 2004) que recomendam limites mínimos de espessura das argamassas nos pontos críticos, nos revestimentos de fachada, onde estão em condições de exposição mais severas, para que a proteção da base seja garantida pelo revestimento. As espessuras mínimas são mostradas na Tabela 2.

Tabela 2 – Espessuras mínimas nos pontos críticos do revestimento de argamassa (Baía e Sabbatini, 2004)

<b>Tipo de base</b>	<b>Espessura mínima (mm)</b>
Estrutura de concreto em pontos localizados	10
Alvenaria em pontos localizados	15
Vigas e pilares em regiões extensas	15
Alvenaria em regiões extensas	20

## 2.2 FENÔMENOS DE RETRAÇÃO NAS ARGAMASSAS

A importância do estudo do fenômeno de retração das argamassas está ligada à qualidade e durabilidade das edificações. Uma vez aplicada sobre uma base, a argamassa é impedida de retrair-se livremente por causa da aderência e, com isso, são geradas tensões de tração que podem levar à fissuração do revestimento (BASTOS *et al.*, 2005).

Para Détriché *et al.* (2008), no momento que é aplicada e ao longo do período do seu endurecimento, a argamassa começa a ter variações de volume consideráveis, devido à redução da água presente na mistura. Os maiores responsáveis pelo fenômeno são a evaporação de água em relação ao ambiente externo e a sucção pelo substrato, consumindo assim, a água do processo de hidratação da pasta.

Neville (1997) explica que a pasta de cimento pode sofrer redução de volume de até 1% do volume absoluto do cimento seco. Sendo que a intensidade da retração é influenciada por diversos aspectos entre eles estão: a relação água/cimento, temperatura e umidade do ambiente, a velocidade de ventos, calor de hidratação do cimento, o teor de agregado e o teor de cimento da mistura.

Carasek (2007) afirma que a retração é resultado de um mecanismo complexo, associado com a variação de volume da pasta aglomerante e apresenta papel fundamental no desempenho das argamassas aplicadas, especialmente quanto à estanqueidade e à durabilidade.

A ocorrência de fenômenos patológicos nos revestimento em argamassa está diretamente ligada à retração dos compósitos. Portanto, as fissuras que se desenvolvem ao longo da secagem da mesma estão relacionadas ao fenômeno da retração.

As argamassas que possuem alto consumo de cimento estão mais sujeitas às tensões causadoras da fissuração, prejudiciais durante a secagem. Segundo Mehta e Monteiro (1994), para um dado consumo de cimento, um aumento na relação água/aglomerante ocasiona aumento na retração por secagem. Em geral, ao elevar o teor de pasta nas argamassas ocorre um acréscimo nas deformações dependentes da umidade.

Também em relação à composição, Bouasker *et. al* (2008) comenta que a presença da cal cria pontos de nucleação com os produtos de hidratação e que alguns estudos revelaram que durante o processo, a hidratação do silicato tricálcico e do aluminato tricálcico, foi afetada pela presença da cal, onde foi observado que a hidratação foi acelerada, foi liberado mais calor durante o processo e houve modificação nos produtos de hidratação.

Para Bastos (2001), a simples presença do agregado na argamassa faz surgir o efeito da retração, principalmente nas primeiras horas após a mistura. Além disso, o teor de agregado na mistura e sua composição granulométrica determinam a quantidade de pasta na argamassa, a qual é a responsável pelo fenômeno da retração. Pode-se afirmar que o teor e a composição granulométrica ideais do agregado são aqueles que permitem a redução da quantidade de pasta, com manutenção da trabalhabilidade adequada ao uso, que garanta o bom desempenho da argamassa.

A retração plástica também é influenciada pelo teor de materiais pulverulentos. Dessa forma, quanto maior o teor de finos, maior a retração, principalmente quando os grãos possuem dimensões inferiores a 5 µm, chamados de argila. Esses finos, de alto poder plastificante, devido à sua alta superfície específica e à sua natureza, para uma trabalhabilidade adequada, requerem maior quantidade de água de amassamento, ocasionando maior retração e fissuração, o que compromete a durabilidade dos revestimentos. Logo, por exigirem mais água, podem interferir no endurecimento da argamassa e levar a uma diminuição da resistência mecânica do revestimento, devido à alta relação água/cimento. Contudo, quando os finos são de origem da britagem de calcário, levam a uma redução de água, resultando em uma menor retração pela secagem (CARASEK, 2010).

Para Pereira (2007), as operações de acabamento superficial do revestimento, como sarrafeamento e desempenho, uma vez que aceleram a exsudação, exercem influência no surgimento de fissuras, pois ao serem realizadas precocemente, aumentam a quantidade de água próxima à superfície do revestimento, incrementando o processo.

Em relação à espessura, as camadas que ultrapassam os valores normalizados, estão mais sujeitas a sofrerem retração por secagem e apresentarem fissuração. Para analisar o risco de fissuração das argamassas, também se torna necessário o estudo de suas propriedades no estado endurecido, como a resistência à tração e o módulo de deformação.

Segundo Bastos (2001), a explicação dada a respeito da fissuração é a de que a ruptura ocorre quando as tensões atuantes por causa da restrição da retração ultrapassam a resistência mecânica à tração do compósito cimentício em determinada idade. Para que isto não aconteça, o material terá que possuir uma extensibilidade adequada, ou seja, uma combinação favorável do módulo de deformação e da resistência à tração. A situação de favorecimento à diminuição do risco da patologia é aquela em que existe contribuição:

- da deformabilidade do material, na qual ocorre a evolução lenta do módulo de deformação com o tempo, possibilitando diminuição das tensões de tração;
- da resistência à tração, que deverá ser de valor superior ao das tensões que ocorrem no compósito devidas ao impedimento da retração.

Cabe ressaltar, que as fissuras causadas pela retração do compósito podem ser prejudiciais não só para o desempenho mecânico do revestimento, mas também em relação ao conforto do usuário, além de reduzir a durabilidade, já que permite a percolação de fluidos mesmo no estado endurecido.

Diante disto, Rougelot *et. al* (2009) ressaltam que a movimentação da água tem uma grande importância na durabilidade de uma argamassa. Através de estudos, foi comprovado que o processo de secagem é fundamental, uma vez que misturas são geralmente submetidas a diferentes gradientes hidráulicos, o que pode acarretar em ganhos de resistência tardios, ocasionando micro e macro fissuras, bem como redução da vida útil do material.

### 2.3 MECANISMOS DE TRANSPORTE E FIXAÇÃO DE ÁGUA

Em um material poroso coexistem dois ou três estados fundamentais da matéria, onde o mesmo se particulariza por conter poros preenchidos por uma fase líquida e/ou gasosa, e uma matriz sólida que define as fronteiras dos poros. As fases líquida e gasosa são separadas por uma superfície (interface) onde ocorrem as interações entre estas. Nesse caso o meio é chamado de meio poroso não saturado (Prevedello, 1996 *apud*. Paes, 2004).

O transporte de águas em um meio poroso pode acontecer de duas maneiras diferentes, nas quais chama-se de mecanismo de transporte. São mecanismos complexos que atuam simultaneamente com outros processos de transporte ou com as reações químicas que ocorrem em condições não saturadas.

Um destes mecanismos ocorre quando o teor de umidade é muito baixo, não existindo continuidade dos líquidos em seu interior, e nesse caso a umidade em forma de vapor de água se transfere devido a gradientes de pressão de vapor existentes nos poros. Nessa situação, a água se move também devido a gradientes de temperatura, sendo o fluxo de calor e umidade interdependentes (Hall, 1977 *apud*. Pereira, 2007)

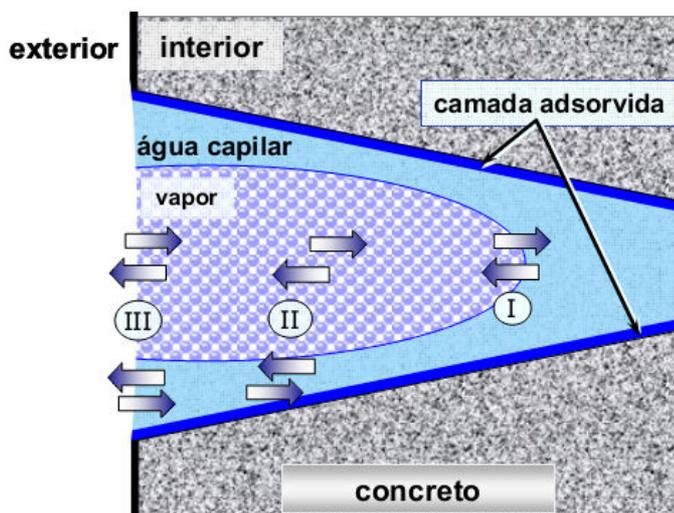
O outro mecanismo ocorre com o possível aumento do teor da umidade, quando passa a existir continuidade do líquido no interior dos poros e a transferência de umidade passa a ser, predominantemente, em decorrência da ação de forças

capilares agindo sobre a água no estado líquido. Tanto a difusão do vapor como transporte de água líquida, são chamados, no que concerne ao comportamento da umidade em meios porosos, de fenômenos dinâmicos de migração que se processam segundo as equações governantes do fluxo de água em meio poroso não saturado (Fredlund & Rahardjo, 1993; Prevedello, 1996 *apud*. Paes, 2004).

Estão envolvidos vários mecanismos nas trocas de umidade de um poro com o meio externo, principalmente quando o mesmo é exposto ao intemperismo. Andrade *et al.*, 1999 *apud*. Pereira, 2007; apresenta um modelo simplificado desses mecanismos (Figura 2):

- Processo I – evaporação e condensação;
- Processo II – difusão de vapor de água através dos espaços vazios (ar) ou difusão da fase líquida através das paredes dos poros; e
- Processo III – trocas com o exterior por meio da absorção/dessorção de água líquida ou vapor de água.

Figura 2 – Representação esquemática de um poro sob processo de transporte de umidade (Andrade *et al.*, 1999 *apud*. Pereira, 2007).



Durante a fase vapor, a difusão e os movimentos conectivos no interior dos poros são que realizam o transporte. Quando está na fase líquida, a capilaridade, a gravidade e o efeito dos gradientes de pressão externa realizam a transferência da umidade.

Segundo Maltese *et al.* (2003), a exposição de um sistema, a base de produto cimentício, à um ambiente não saturado, ou seja, com umidade relativa do ar menor que 100%, causa retração por secagem devido à evaporação da água presente no sistema. No caso das argamassas de revestimento, quando expostas a um ambiente, devido serem um material poroso, as mesmas são capazes de fixar e transferir umidade tanto na fase líquida quanto na fase vapor. A umidade na forma de vapor é fixada nos poros na argamassa através dos processos de adsorção física e condensação capilar. Quando está em condição isotérmica, a água fixada é transportada para dentro do material, onde este mecanismo irá depender da dimensão dos poros e da umidade relativa. Contudo, na fase líquida, a água é transportada para o interior da argamassa através do processo chamado de capilaridade.

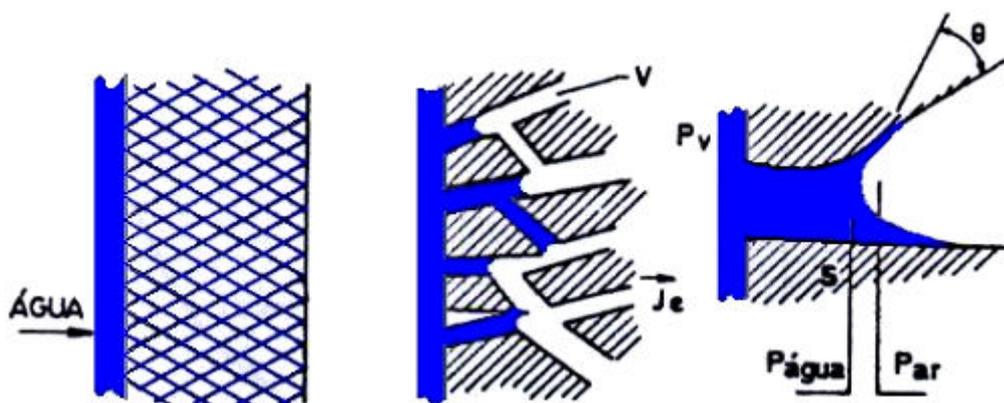
Na adsorção física, as moléculas adsorvidas de água mantêm-se fixas à superfície do substrato por intermédio, principalmente, das forças de Van der Waals. Esse mecanismo tem como característica possuir um calor de adsorção baixo, em torno de  $20 \text{ kJ mol}^{-1}$ , devido à suas interações atômicas serem fracas, sendo uma reação exotérmica, ou seja, a adsorção ocorre quando se diminui a energia. Entretanto, segundo Dąbrowski (2001 *apud.* Paes, 2004), para que a saída de água aconteça, é necessário o fornecimento de energia para o sistema. Esta saída de água, ou dessorção, ocorre endotermicamente, onde tende a aumentar com a elevação da temperatura. Portanto, pode-se entender o fato dos revestimentos, sujeitos à ação das chuvas, umidificarem muito mais rápido do que secarem.

Outro mecanismo importante na fixação da umidade é a condensação, que consiste na mudança de fase de vapor para líquido. Esse mecanismo normalmente ocorre quando o vapor é arrefecido, mas também pode ocorrer se o vapor for comprimido.

Para Pereira (2007), na condensação capilar, a pressão de vapor de saturação diminui. Quanto menores forem os poros do material, maior será a quantidade de umidade produzida pela condensação. Além dos tamanhos dos poros, o mecanismo irá depender principalmente da umidade relativa do ar. Quanto maior for a mesma, maiores serão os espaços dos poros do material que poderão ser ocupados pela condensação.

A capilaridade é a propriedade dos materiais porosos de adsorverem e transportarem água através de sua rede de poros. Pode-se dizer que essa propriedade é uma consequência da tensão superficial. Este fenômeno da capilaridade gera interfaces curvas entre o fluido, ou seja, a água, e o ar aprisionado no interior dos poros, como mostra a Figura 3, e é em função da temperatura e da umidade, bem como da distribuição do raio dos poros e sua variação.

Figura 3 – Fenômeno da capilaridade (Freitas, 1997 *apud*. Pereira, 2007).



Segundo Paes (2004), os mecanismos de transporte que atuam na adesão da argamassa fresca ao substrato, não surgem isoladamente, apenas se apresentam em diferentes graus de participação dependendo do momento em que se analisa o fenômeno em questão e a combinação entre eles irá variar de um sistema para outro.

## 2.4 PERDA DE ÁGUA DA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

A perda de desempenho dos revestimentos à base de argamassa nas primeiras idades tem como causa principal a saída da água, seja por evaporação ou sucção por parte do substrato. Essa saída de água causa uma redução do volume do material, provocando grandes deformações restringidas pela aderência ao substrato, gerando tensões no revestimento que podem ocasionar fissuras.

No processo de execução de argamassas de revestimento, pelas mesmas serem à base de produtos cimentícios muito finos, geralmente utiliza-se uma

quantidade de água de amassamento muito superior à necessária para que ocorram as reações de hidratação e se tenha a trabalhabilidade pretendida. Com isso, principalmente nos instantes iniciais pós-aplicação, quando a pega do cimento ainda não iniciou, essa argamassa perde uma grande quantidade de água livre.

A retenção de água no interior da argamassa irá corresponder à propriedade da mesma que confere a capacidade de alterar seu comportamento reológico de modo que comprometa suas propriedades de trabalhabilidade, na qual irá manter-se aplicável por um período máximo de tempo quando sujeita às solicitações que provoquem perda de água, sejam elas por evaporação, sucção do substrato ou reações de hidratação.

#### **2.4.1 Evaporação**

A argamassa de revestimento, logo após a mistura, quando exposta a um ambiente de umidade relativa abaixo de 100%, sofre a ação dos agentes climáticos. A evaporação de água do material para o meio tende a esvaziar progressivamente os capilares da argamassa, ocasionando uma pressão negativa, até que grande parte da água intersticial seja evaporada, causando contração e, conseqüentemente, tensões internas que irão depender da sua duração, da resistência à tração e do módulo de deformação do material cimentício (PEREIRA, 2007).

Cabe ressaltar, que durante o período em que a argamassa encontra-se no estado fresco, o diâmetro médio dos poros capilares depende principalmente da composição da mistura, ou seja, a proporção de água/materiais secos e o teor e finura do aglomerante e do agregado miúdo exercem maior interferência.

Détriche e Maso (1986 *apud*. Pereira, 2007) citam como fatores intervenientes na retenção de água das argamassas, sujeitas à perda de água por evaporação:

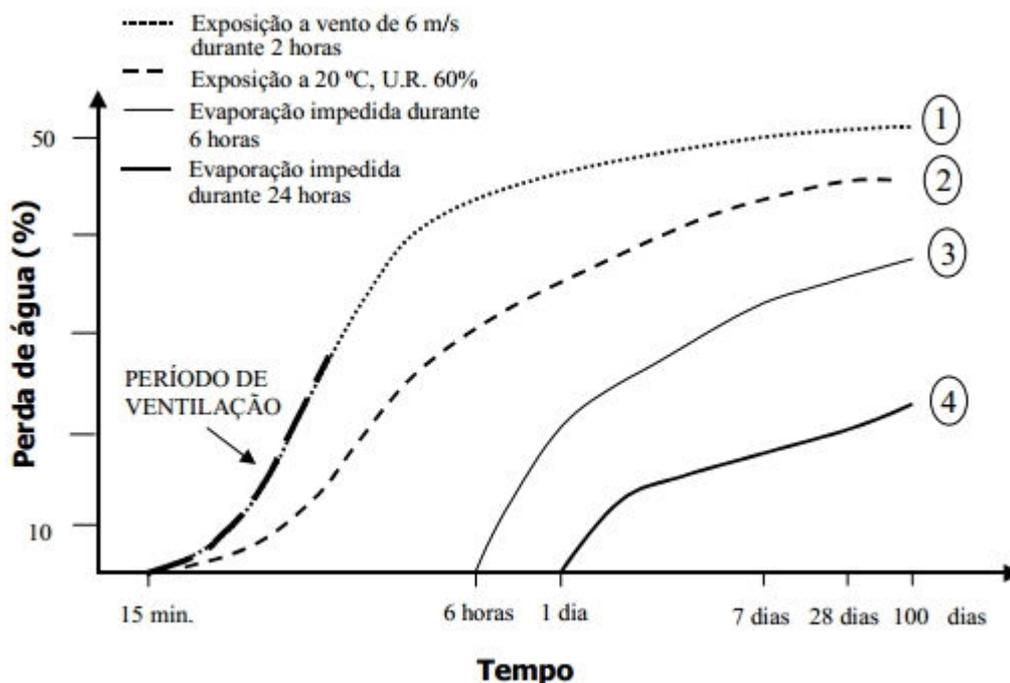
- As condições climáticas para a cura, as quais regulam o equilíbrio higrotérmico;
- A natureza física da mistura (proporção de aglomerantes e finura da fração de finos) o que determina a característica inicial dos microporos;

- A natureza química da mistura (especialmente dos aglomerantes, que será responsável pela cinética da evolução da rede de capilares); e
- A espessura das camadas de revestimento. Quanto maior for a espessura, maior será a capacidade de retenção.

Os momentos iniciais pós aplicação, principalmente, as condições de exposição e a aplicação da argamassa são determinantes para a forma de como procederá a secagem até o endurecimento do material. Inicialmente, havendo maior quantidade de água livre para evaporar, a perda de água acontece de forma mais intensa, tanto em velocidade quanto em quantidade, sob condições mais severas. Protegendo-se a argamassa da evaporação por um certo tempo, até que a mesma endureça, parte da água de amassamento se torna água combinada, devido à formação de compostos hidratados da pasta de cimento, e menos água disponível sujeita à evaporação. Além disso, com a estruturação progressiva da pasta de cimento devida à hidratação, a diminuição dos espaços internos percorridos pela água dificulta sua remoção.

Bastos (2001) apresenta na Figura 4, curvas de secagem de pastas de cimento de 15 mm de espessura. Após diferentes tipos de exposição inicial, todos os corpos-de-prova foram submetidos à mesma condição de cura correspondente à da curva nº 4, de 20 °C de temperatura e 60% de umidade relativa. Destaca-se no gráfico, que os valores percentuais de perda de água das pastas protegidas contra evaporação durante um período (curvas 3 e 4), não atingiram os valores das pastas expostas a condições iniciais que favoreceram a evaporação (curvas 1 e 2), ou seja, condições iniciais de cura mais severas aumentaram a evaporação nas primeiras idades e a evaporação total à idades avançadas.

Figura 4 – Influência das condições iniciais de cura sobre a perda de água por evaporação de pastas de cimento, relação a/c = 0,29 (Bastos, 2001).



Vale destacar também, a relação existente entre a perda de água por evaporação e a umidade relativa do ar. A condição ambiental tem importância principalmente em países com clima subtropical, onde os valores médios mensais de umidade relativa podem variar entre 50% e 80% em uma mesma região, dependendo da época do ano. No Brasil, sabe-se que a umidade relativa chega a valores de 20% nas estações mais secas e 90% em estações úmidas.

A presença de partículas finas também melhora a retenção de água de misturas como argamassas e pastas. Aumentando-se o teor de finos na mistura, não só aumenta a área total de contato das partículas sólidas, fazendo com que haja maior quantidade de ligações entre dois componentes, como também diminui os espaços a serem percorridos pela água, dificultando sua remoção. Desta forma, na comparação de misturas de relação aglomerante/agregado diferentes, à medida que diminui o teor de finos, maior será a perda de água por secagem (PEREIRA, 2007).

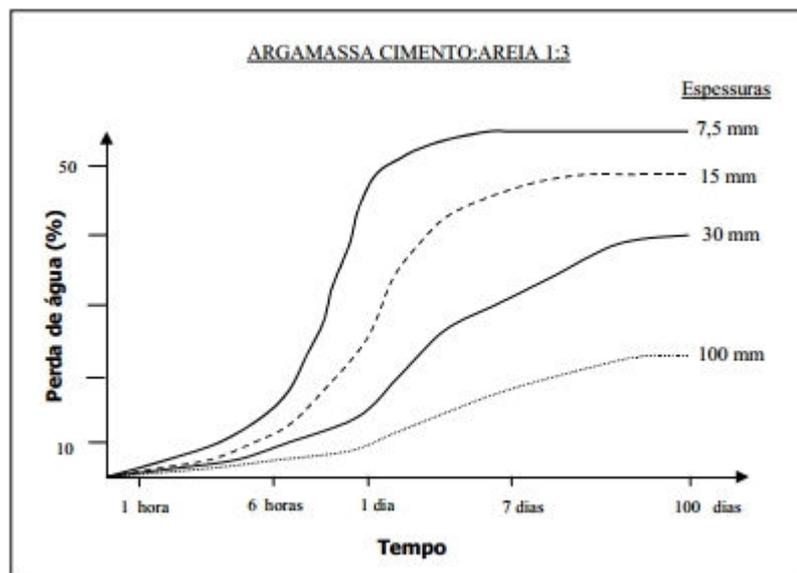
Bastos (2001) conclui que as características do aglomerante como sua natureza e finura interferem diretamente no processo de secagem das argamassas. Diz ainda, que os aglomerantes que possuem maior finura resultam, pelo mesmo raciocínio feito para o teor de aglomerantes, no aumento da área de contato água/aglomerante e na diminuição do diâmetro dos capilares da argamassa e,

assim, no estado fresco, a retenção de água é maior. Havendo, ainda, maior reatividade por parte do aglomerante de maior finura, maior quantidade de água combinada significando menor quantidade de água disponível para evaporação em determinada idade. Quanto à natureza do aglomerante, a cal, de maior finura que o cimento, permite a obtenção de pastas de maior capacidade de retenção inicial de água.

Em relação à espessura da camada de argamassa, é praticamente impossível evitar que aconteçam variações durante a execução do revestimento, principalmente se tratando de edificações verticais, por maior que seja o cuidado para obter-se a planeza das estruturas e das alvenarias. As variações de espessura também podem ocorrer devido às especificações do projeto, portanto, considerando a realidade dos canteiros, deve-se levar em consideração a variável espessura nos estudos em laboratório.

Détriché (1983, 1986 *apud*. Bastos, 2001) constataram que a evaporação aumenta, em velocidade e em intensidade, desde as primeiras horas até as idades mais avançadas, com a diminuição da espessura da camada de argamassa (Figura 5). Conclui-se que as camadas de espessuras menores são aquelas que irão atingir os maiores valores de percentuais de perda de água e aquelas que atingem rapidamente. A perda de água de uma camada pouco espessa pode significar, em 24 horas por exemplo, a secagem máxima por evaporação, enquanto outra camada, mais espessa, sofre apenas secagem superficial.

Figura 5 – Influência da espessura da camada de argamassa na perda de água por evaporação (Bastos, 2001).



#### 2.4.2 Sucção do substrato

Os substratos podem ser caracterizados, pela porosidade, estrutura e distribuição dos tamanhos dos poros, pela capacidade de absorção de água e pela textura superficial de contato, sendo lisa ou rugosa. Estas características influem na velocidade e quantidade da água transportada da argamassa fresca para o substrato e, conseqüentemente, na alteração da microestrutura da argamassa nesta região de contato (PAES, 2004).

As argamassas devem apresentar características adequadas de trabalhabilidade, consistência, plasticidade, coesão e tixotropia com fluidez necessária à execução do revestimento, assim como boa retenção de água e adesão. Quando em contato com o substrato poroso, essas características serão determinantes para o desempenho do revestimento, podendo ser responsáveis pelos problemas patológicos mais comuns, como retração, fissuração, descolamento, manchas e outros.

Brocken *et al.* (1998 *apud*. Pereira, 2007) cita que nos momentos pós-aplicação da argamassa de revestimento, ou seja, quando a argamassa no estado fresco entra em contato com o substrato, existe um fluxo no sentido do substrato

causado pelas forças capilares dos poros do substrato. A movimentação da água se processe logo após que a argamassa é posta em contato com o substrato, cujos capilares estão totalmente secos ou em condição não saturada, que permita o fluxo de água da argamassa para o substrato.

De acordo com Silva (2011), a quantidade de água removida e a água que ficou na argamassa exercem influência significativa nas propriedades do revestimento endurecido, uma vez que o cimento desempenhará sua função de acordo com a quantidade de água resultante após a remoção por absorção e evaporação. A perda de água por sucção do substrato, nos primeiros minutos pode representar 50 a 60% da perda total de água, dependendo da combinação entre o substrato e a argamassa.

A saída de água da argamassa por sucção do substrato poroso influencia não somente o comportamento da argamassa na fase de sucção, mas também em toda a fase de endurecimento do cimento. Segundo estudos, a velocidade de hidratação depende da quantidade de água intersticial presente na argamassa e o avanço da hidratação é ligado ao histórico de dessecação. Também observaram que nas primeiras horas ocorre uma aproximação das partículas dos agregados, devido à absorção de parte da água de amassamento pelo substrato, gerando uma aceleração do início da hidratação do cimento, com isso diminuindo o início do tempo de pega. Isto provoca a melhoria das características mecânicas iniciais, mas que evoluem pouco no tempo, devido a uma hidratação incompleta do cimento (DÉTRICHÉ *et al.*, 1984 *apud.* Silva, 2011).

Carasek (1996) diz que é de maior interesse a porosidade aberta da base, de diâmetro compreendido entre 0,1 e 20  $\mu\text{m}$ , com capacidade potencial de sucção da água das argamassas. Contudo, a interação dos poros com a argamassa com os poros da base é complexa, pois os poros capilares que contribuem para a sucção de água podem não contribuir para a remoção de água da argamassa.

Détriche *et al.* (1983), Han e Kishitani (1984) e Détrice e Maso (1986) através de Pereira (2007) citam que a absorção excessiva de água das argamassas, exercida pelos substratos com elevada absorção inicial, afeta o transporte de água da argamassa e a velocidade das reações químicas de hidratação dos componentes anidros do aglomerante. Por conta disso, Groot (1988 *apud.* Pereira, 2007) explica que há uma diminuição da resistência de aderência, uma vez que a quantidade de

água removida juntamente com a que ficou na argamassa possuem efeito significativo nas propriedades do revestimento endurecido, pois o aglomerante desempenhará o seu papel em função do conteúdo de água após a sucção. Portanto, Paes (2004) comenta que a movimentação da água restringida contida na argamassa fresca para o substrato é bem mais complexa do que quando comparada com a água livre.

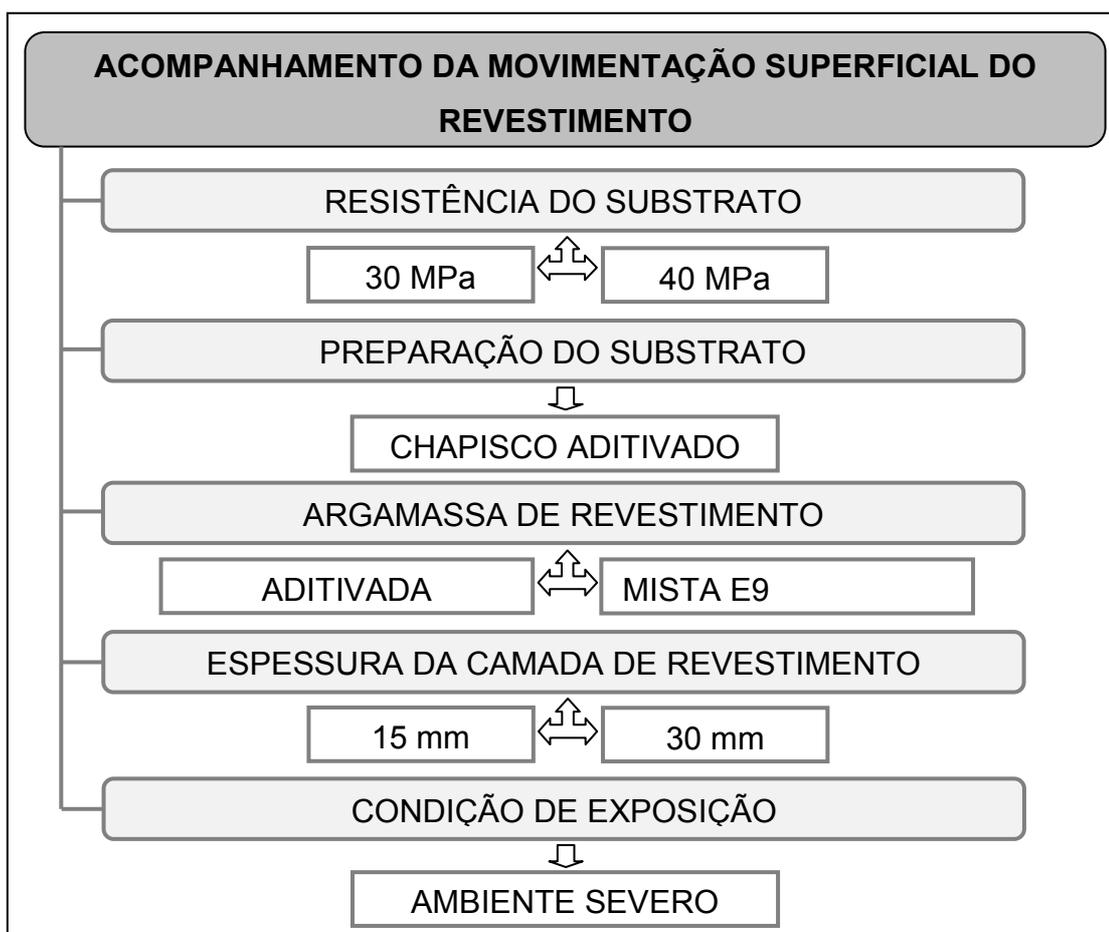
### 3 PROGRAMA EXPERIMENTAL, MATERIAIS E MÉTODOS

No capítulo a seguir, são descritas as etapas da metodologia da pesquisa e serão apresentados os materiais empregados no estudo, sua caracterização, as técnicas de execução dos corpos-de-prova e dos revestimentos, bem como os procedimentos adotados em cada ensaio.

#### 3.1 VARIÁVEIS DO ESTUDO

O foco principal da pesquisa é a movimentação superficial do revestimento, levando em consideração as variáveis que estão listadas no fluxograma da Figura 6.

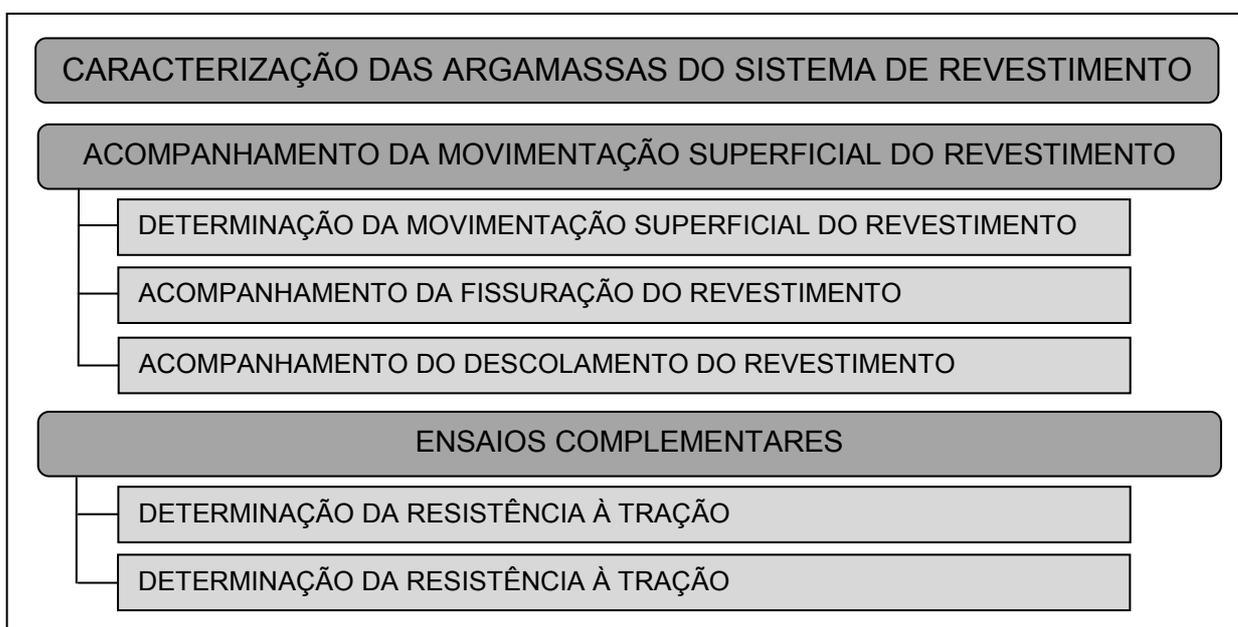
Figura 6 – Fluxograma de apresentação das variáveis do ensaio de acompanhamento da movimentação superficial do revestimento.



### 3.2 DESCRIÇÃO DO PROGRAMA EXPERIMENTAL

De forma a atingir os objetivos desta pesquisa faz-se necessário a realização de um programa experimental o qual servirá como parâmetro técnico ao desenvolvimento de todos os procedimentos, a fim de avaliar do comportamento dos revestimentos quanto à movimentação superficial. Para a análise de variância (ANOVA) e análise múltipla das médias, foi utilizado o software STATISTICA 7. A metodologia seguirá as seguintes etapas, mostradas na Figura 7:

Figura 7 – Fluxograma do programa experimental.

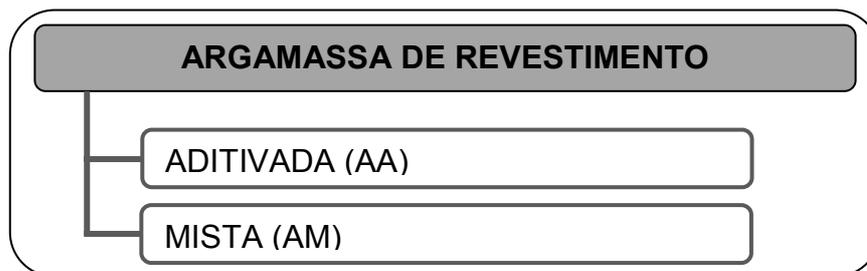


Os materiais escolhidos para serem utilizados na pesquisa foram os usualmente empregados nos canteiros de obras da região de Belém. Os métodos de ensaios foram escolhidos levando em conta a infraestrutura do Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará – UFPA, na cidade de Belém – PA, onde será realizada toda a pesquisa. As etapas do programa experimental são descritas a seguir.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS EMPREGADAS NO SISTEMA DE REVESTIMENTO EM SUBSTRATO DE CONCRETO

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram escolhidas dois tipos de argamassas de revestimento, conforme a Figura 8.

Figura 8 – Tipos de argamassas utilizadas na pesquisa.



A argamassa aditivada denominada de AA, que foi escolhida por ser a mais utilizada na região e a argamassa mista, por ser consagrada nacionalmente, denominada de AM estabeleceram-se como variáveis para analisar o comportamento da argamassa frente às variações de composição e materiais empregados na mistura.

#### 3.3.1 Argamassa aditivada

A argamassa utilizada na pesquisa tem em sua composição aditivo e a dosagem da mesma foi baseada no estudo desenvolvido por SILVA (2011), na qual sua proporção em volume será de 1:6, com o mesmo cimento e agregado miúdo utilizado para execução da argamassa mista, inserindo como aditivo um incorporador de ar com consumo de 200 ml por 50 kg de cimento.

#### 3.3.2 Argamassa mista

Os materiais escolhidos para a confecção da argamassa mista são: cimento Portland, cal hidratada, agregado natural fino e água potável.

- Cimento Portland

O aglomerante hidráulico utilizado foi o cimento Portland composto com adição de pozolana (CPII-Z 32), especificado pela NBR 11578/1992. A escolha do material foi em função do material ter mais disponibilidade no mercado local do que os outros tipos. A Tabela 3 mostra a caracterização do material.

Tabela 3 – Características físicas do cimento Portland CPII-Z 32.

<b>Ensaio</b>	<b>Método</b>	<b>Resultados</b>	<b>Limites (NBR 11578/92)</b>
Finura – resíduo na peneira nº 200 (%)	NBR 11579/91	1,6	≤ 12%
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	NBR NM 23/01	3,09	-
Área específica (m <sup>2</sup> /kg)	NBR NM 76/98	416	≥ 260 m <sup>2</sup> /kg
Água da pasta de consistência normal (%)	NBR NM 43/03	31,2	-
Início de pega (h)	NBR NM 65/03	1:50	≤ 1 hora
Fim de pega (h)	NBR NM 65/03	3:05	≤ 10 horas
Resistência à Compressão – 28 dias (MPa)	NBR 7215/96	34,2	≥ 32,0 MPa

- Cal Hidratada

Como aglomerante aéreo foi empregada nas argamassas mistas uma Cal Hidratada tipo CH-I com suas características químicas e físicas mostradas nas Tabelas 4 e 5, fornecidas pelo fabricante.

Tabela 4 – Características químicas da Cal Hidratada Tipo I.

<b>Ensaio</b>	<b>Resultados</b>	<b>Limites (NBR 7175/03)</b>
CO <sub>2</sub> (%)	2,1	≤ 5%
MgO + CaO (%)	3,1	≤ 10%
Óxidos totais na base de não voláteis (%)	97,5	≥ 90%

Tabela 5 – Características físicas da Cal Hidratada Tipo I.

<b>Ensaio</b>	<b>Resultados</b>	<b>Limites (NBR 7175/03)</b>
Finura (% retida acumulada) - #30	0,3	≤ 0,5%
Finura (% retida acumulada) - #200	2,1	≤ 15%
Densidade Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0,52	-
Estabilidade	Ausência de cavidades ou protuberâncias	Ausência de cavidades ou protuberâncias
Retenção de água (%)	79	≥ 70%
Plasticidade (%)	126	≥ 110%
Incorporação de areia (%)	4,3	≥ 2,2%

- Agregado Miúdo Natural

O agregado miúdo que se utilizará no trabalho, será a areia natural lavada proveniente do município de Ourém, no Pará, adquirida no comércio local de Belém.

As propriedades físicas desse agregado natural, como granulometria e rugosidade, irão influenciar diretamente nas propriedades das argamassas tanto no estado fresco, quanto no endurecido. Quanto mais fino o mesmo for, mais plasticidade proporcionará a mistura da argamassa. A caracterização do material é mostrada nas tabelas e gráficos a seguir.

Tabela 6 – Caracterização física da areia natural.

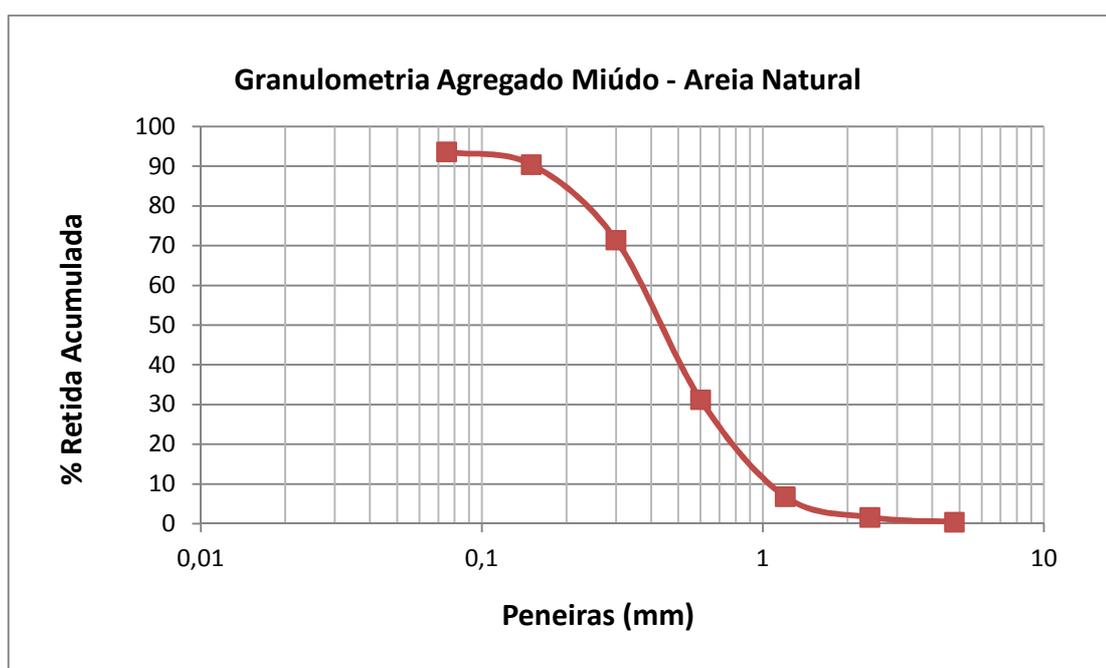
<b>Ensaio</b>	<b>Método</b>	<b>Resultados</b>
Massa específica	NBR 9776/87	2,63 kg/dm <sup>3</sup>
Massa unitária	NBR 7251/82	1,33 kg/dm <sup>3</sup>
Módulo de finura	NBR NM 248/03	2,02
Dimensão máxima característica	NBR NM 248/03	2,4 mm
Absorção de água	NBR NM 30/01	0,7%
Material pulverulento	NBR 7219/87	3,2%
Índice de vazios	-	49%

Para determinar a composição granulométrica do material passante utilizou-se a NBR NM 248/03, onde a areia foi classificada como fina e mostrou-se ter granulometria contínua, como mostram a Tabela 7 e o na Figura 9.

Tabela 7 – Granulometria do agregado miúdo natural.

Peneiras (mm)	Retida (g)	% Retida	% Retida Acumulado
4,8	2	0,40	0,40
2,4	6	1,20	1,60
1,2	26	5,20	6,80
0,6	122	24,40	31,20
0,3	201	40,20	71,40
0,15	95	19,00	90,40
0,075	16	3,20	93,60
Fundo	32	6,40	100
<b>Totais</b>	<b>500</b>	<b>100</b>	

Figura 9 – Análise granulométrica do agregado miúdo natural.



Adotou-se como método, o estudo proposto por Selmo (1989), que tem como base a definição de um parâmetro “E”, que apresenta a seguinte formulação (em massa):

$$E = \frac{(agregado+cal)}{cimento} \quad (1)$$

A dosagem utilizada foi baseada em pesquisas e estudos realizados na Universidade Federal do Pará – UFPA, com os materiais da região, onde o valor do parâmetro “E” estimado para a dosagem da argamassa mista para os materiais da região foi de E=9.

O procedimento de dosagem seguiu as seguintes etapas:

- Seleção nos materiais e pesagem dos mesmos em balança de precisão;
- Mistura do cimento e areia, a fim de homogeneizar os mesmos;
- Adição gradativa da cal e de água até a trabalhabilidade desejada.

A Tabela 8 mostra as relações obtidas através do estudo de dosagem.

Tabela 8 – Composição da argamassa mista.

<b>Parâmetro “E” (estimado)</b>	<b>Parâmetro “E” (real)</b>	<b>Traço em massa (cimento:cal:areia:água)</b>	<b>Traço em volume (cimento:cal:areia:água)</b>
9	9,59	1: 0,59: 9: 2,11	1: 1,01: 6,76: 2,11

### 3.4 DEFINIÇÃO DO CORPO-DE-PROVA (MODELO PEREIRA)

O corpo-de-prova escolhido para representar o substrato de um sistema real de revestimento de parede foi proposto por PEREIRA (2007), onde se baseou em modelos adotados em outras pesquisas realizadas no Laboratório de Ensaios de Materiais (LEM/UnB) ligadas a avaliação de desempenho de revestimento.

O modelo baseia-se em avaliar o comportamento do revestimento em corpos-de-prova em forma de placas de concreto simples, com dimensões de 50 cm de largura por 50 cm de comprimento com espessura aproximada de 6 cm, a fim de

facilitar o transporte durante a execução dos ensaios. A escolha do tipo de substrato foi em decorrência da incidência maior de problemas de descolamento em estruturas de concreto.

O concreto para a confecção das placas foi dosado de acordo com o procedimento proposto pela ABCP, com traço em massa (Tabela 9), com duas resistências, de  $f_{ck} = 30$  MPa e  $f_{ck} = 40$  MPa, por serem as resistências atuais mais comuns nas obras da região, a fim de comparar o comportamento do revestimento submetido à resistências diferentes. Os materiais constituintes do concreto foram o cimento Portland CII-Z 32, agregado miúdo natural caracterizado como fino e agregado graúdo natural da região, caracterizado como seixo médio. A mistura foi realizada em betoneira com eixo inclinado, com volume de 400 L.

Após o período de mistura, foi realizado o ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone (ABNT NBR 7223:1998). Para avaliação no estado endurecido, foram moldados corpos-de-prova cilíndricos nas dimensões de 10 cm x 20 cm para controle das resistências pretendidas, segundo a ABNT NBR 5738:2003, mostrados na Tabela 10.

Tabela 9 – Características dos concretos.

Relação a/c	Traço	Consumo Cimento	Slump
0,54	1; 1,7; 2,7	386,10 kg/m <sup>3</sup>	12 ± 2 cm
0,44	1; 1,2; 2,2	476,19 kg/m <sup>3</sup>	10 ± 2 cm

Tabela 10 – Médias dos resultados do ensaio de resistência à compressão dos corpos-de-prova cilíndricos.

Relação a/c	Média da resistência à compressão axial (MPa)	
	7 dias	28 dias
0,54	22,3	34,5
0,44	37,7	43,1

Na produção das placas foram utilizadas formas de madeira (Figura 10), por serem mais usuais, com a finalidade de se obter um acabamento que representasse

a realidade. O concreto foi lançado em duas camadas adensadas manualmente e o processo de cura foi por molhagem por 7 dias, onde as mesmas permaneceram por 90 dias em temperatura ambiente.

Figura 10 – Confeção das placas de concreto.



Após os 90 dias da confecção, as placas foram preparadas para receber o revestimento através de limpeza com escovação manual com escova de aço a seco e depois com escova com cerdas plásticas e água. Para minimizar o efeito da variável mão de obra, que não faz parte da pesquisa, a execução do revestimento será feita horizontalmente e o adensamento será realizado através de mesa vibratória, a fim de obter homogeneização da camada.

#### **3.4.1 Preparação das amostras**

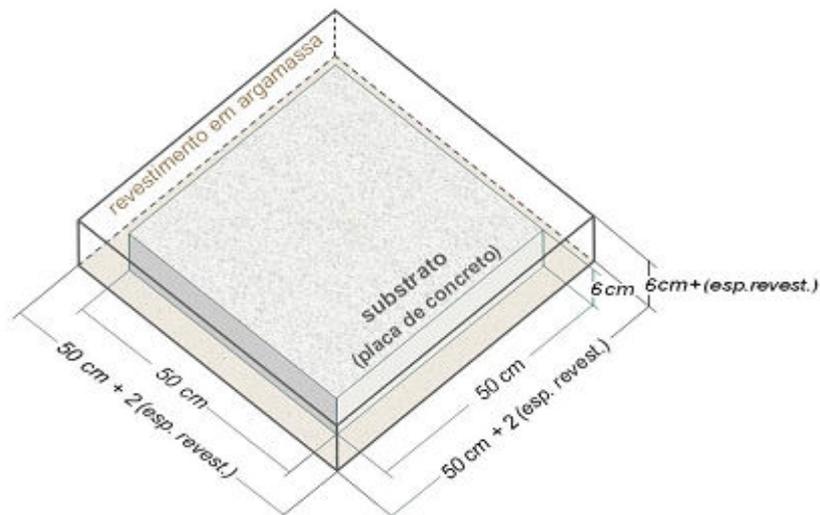
Os corpos-de-prova para avaliação da movimentação superficial do revestimento são placas de concretos revestidas com argamassas que tiveram variação no fck do substrato, no tipo de argamassa e na espessura da camada de revestimento. A escolha dessa variação se deu em função de se obter comportamentos diferenciados e conseqüentemente, desempenhos distintos.

Adotou-se como preparo do substrato somente o chapisco aditivado, tendo em vista que atualmente é o método mais utilizado na região, em edificações verticais, nas quais são as que mais possuem ocorrência de patologias no sistema de revestimento.

Para a condição de exposição, fixou-se que a mesma seria a condição ambiente severo, na qual as amostras ficaram expostas, imediatamente após 24 horas da aplicação da argamassa, à ciclos de alta temperatura e resfriamento brusco da mesma com aspersão de água, a fim de simular uma chuva, levando em consideração o clima característico da região de Belém, já que este procedimento levará a comportamentos mais próximos à realidade dos canteiros de obra.

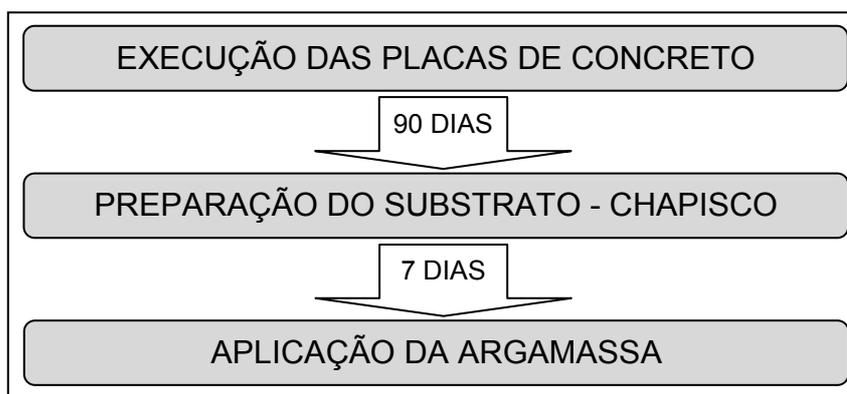
A confecção das amostras foi realizada de acordo com o modelo proposto por PEREIRA (2007), onde as mesmas foram revestidas com as argamassas do sistema de revestimento (Figura 11), respeitando as espessuras adotadas no estudo.

Figura 11 – Corpo-de-prova usado para o acompanhamento da movimentação superficial do revestimento – desenho esquemático (Pereira, 2007).



Para garantir a mínima variabilidade dos resultados, foram executados três corpos-de-prova idênticos para cada variável do estudo. O fluxograma da preparação das amostras está na Figura 12.

Figura 12 – Fluxograma do processo da preparação das amostras.



#### 3.4.1.1 Preparo do substrato

O procedimento de preparação do substrato ocorreu com 90 dias após a concretagem das placas de concreto. Inicialmente, foi realizada a limpeza da superfície como prescreve a NBR 7200/1998, utilizando jato de água sob pressão e escova de cerdas de aço para remoção de sujeiras e restos da forma de madeira.

O chapisco aditivado foi preparado utilizando cimento Portland CP II-Z 32 e areia fina, na proporção de 1:3 em volume, juntamente com água e o aditivo polimérico para chapisco Sika Chapisco Plus na proporção de 1:2 (aditivo:água) em quantidades suficientes para proporcionar uma consistência fluída. A aplicação do chapisco foi realizada através de rolo para textura como mostra a Figura 13 e as placas após a completa aplicação estão na Figura 14. Não foi realizada cura no chapisco, a fim de retratar a realidade nas obras, onde o mesmo, na maioria das vezes, não recebe cura antes da aplicação da camada de argamassa de revestimento.

Figura 13 – Aplicação do chapisco rolado.



Figura 14 – Placas com chapisco aplicado.



#### 3.4.1.2 Argamassa de revestimento

Foram escolhidos dois tipos de argamassa de revestimento para análise, a aditivada e a mista E9. O procedimento de aplicação consistiu em uma camada

adensada em mesa vibratória com a finalidade de se obter a homogeneidade do revestimento (Figura 15).

Figura 15 – Placa com argamassa aplicada.



#### 3.4.1.3 Espessura da camada de revestimento

Para espessura da camada de revestimento foram adotadas duas espessuras, a de 15mm e a de 30mm. A escolha das mesmas se deu em função de que a norma NBR 13749/1996 prescreve a os limites das espessuras dos revestimentos, em milímetros, para paredes internas ( $5 \leq e \leq 20$ ), para paredes externas ( $20 \leq e \leq 30$ ) e para tetos internos e externos ( $e \leq 20$ ).

Portanto, a espessura de 30 mm foi escolhida por ser o maior valor dentre os limites e a de 15 mm foi escolhida em função de ser uma das menores e mais utilizada nos canteiros. As dimensões finais das amostras estão descritas na tabela abaixo.

Tabela 11 – Dimensões finais das amostras revestidas com argamassa.

<b>Espessura do Revestimento</b>	<b>Altura</b>	<b>Largura</b>	<b>Comprimento</b>
$H_{\text{revest.}}$ (mm)	$H_{\text{revest.}} + H_{\text{sub}}$ (mm)	$L_{\text{revest.}}$ (mm)	$C_{\text{revest.}} + L_{\text{revest.}}$ (mm)
15	75	530	530
30	90	560	560

#### 3.4.1.4 Condição de exposição

A condição de exposição adotada foi a ambiente severo, na qual os corpos-de-prova foram submetidos à cura inicial de 24 horas em ambiente de laboratório e após isso, foram submetidas à ciclos diários de alta temperatura durante 4 horas através de painel construído contendo 4 lâmpadas infravermelhas de 250W por placa (Figura 16), atingindo uma temperatura média de 60°C, que foi controlada através de termômetro a laser (Figura 17), e posteriormente, aspersão de água durante meia hora, simulando a chuva característica da região, até completarem a idade de 28 dias.

Figura 16 – Painel de lâmpadas infravermelhas.



Figura 17 – Controle da temperatura através de termômetro a laser.



#### 3.4.1.5 Nomeclatura das amostras

Para facilitar a identificação e análise das amostras, será adotada nomenclatura que representa, primeiramente, o fck do substrato, seguido do tipo de argamassa de revestimento e da espessura da camada. A Tabela 12 mostra detalhadamente.

Tabela 12 – Nomenclatura dos corpos-de-prova para acompanhamento da movimentação superficial.

Nomenclatura	Fck do substrato	Tipo Argamassa	Espessura
30.AA.15	30 MPa	Aditivada	15 mm
30.AA.30	30 MPa	Aditivada	30 mm
30.AM.15	30 MPa	Mista – E9	15 mm
30.AM.30	30 MPa	Mista – E9	30 mm
40.AA.15	40 MPa	Aditivada	15 mm
40.AA.30	40 MPa	Aditivada	30 mm
40.AM.15	40 MPa	Mista – E9	15 mm
40.AM.30	40 MPa	Mista – E9	30 mm

### 3.4.2 Ensaio de caracterização das argamassas

O fluxograma da caracterização das argamassas segue na Figura 18. As argamassas foram produzidas para caracterização no estado fresco e endurecido foram produzidas segundo a NBR 7215/1996, utilizando misturador mecânico como mostra a Figura 19.

Figura 18 – Fluxograma dos ensaios de caracterização das argamassas de revestimento.

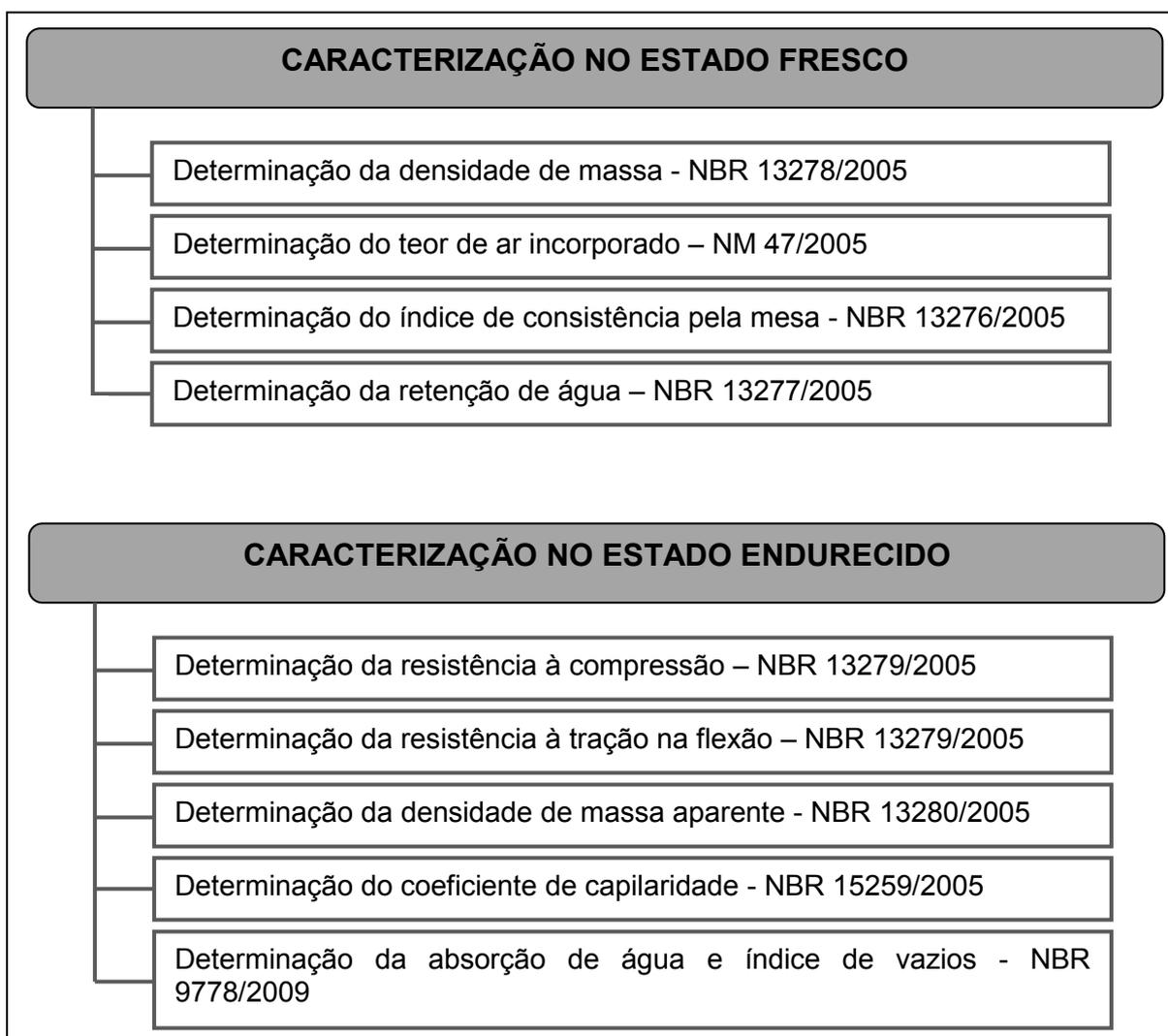


Figura 19 – Misturador para produção das argamassas.



Os ensaios de caracterização das argamassas são mostrados a seguir.

#### 3.4.2.1 Ensaio no estado fresco

- Determinação da densidade de massa

A densidade de foi determinada conforme a normalização, onde a densidade da argamassa denominada “ $\sigma$ ”, no estado fresco, é expressa em quilogramas por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ). O resultado corresponde à média de três determinações consecutivas, realizadas em amostras diferentes de uma mesma argamassa.

- Determinação do teor de ar incorporado

Para determinação do teor de ar incorporado, foi utilizado o método pressométrico, da norma mercosul NM 47/2005, onde utiliza-se um aparelho

medidor de teor de ar, de tipos A e B, sendo neste trabalho utilizado o tipo B, com capacidade de 1 litro, mostrado na Figura 20.

Figura 20 – Aparelho medidor de ar incorporado tipo B.



O procedimento consistiu na execução das seguintes etapas:

- a) Primeiramente, colocou-se a argamassa em três camadas iguais, adensando-as com 25 golpes em cada camada com um soquete;
- b) Encaixou-se a tampa do aparelho, apertando-as com os parafusos laterais, mantendo os orifícios laterais abertos;
- c) Injetou-se água por meio de um dos orifícios, até que todo ar saísse pelo outro orifício;
- d) Com a bomba de ar, foi fornecida uma pressão inicial, conforme indicado no manômetro do aparelho;
- e) Foi verificado se todas as saídas do aparelho estavam completamente fechadas;

- f) Por fim, a alavanca que transfere a pressão para o recipiente do aparelho foi acionada, até a estabilização e posteriormente foi feita a leitura do manômetro no qual indicou a porcentagem de ar incorporado da argamassa.
- Determinação do índice de consistência pela mesa

O ensaio de índice de consistência consistiu na medida do espalhamento, ou seja, diâmetro da amostra de argamassa, moldada em molde tronco cônico em cima de uma mesa padronizada pela NBR 7215/2002, adensada em três camadas iguais, adensadas na primeira camada com 15 golpes, a segunda com 10 golpes e a terceira e última camada com 5 golpes.

Posteriormente, o molde foi retirado e realizou-se o acionamento da manivela da mesa, de modo que a mesma subiu e caiu 30 vezes, durante 30 segundos. Por fim, mediu-se três vezes o diâmetro do espalhamento, onde foi obtida a média expressa em milímetros. As etapas do ensaio são mostrados na Figura 21.

Figura 21 – Etapas do ensaio de determinação do índice de consistência pela mesa: a. argamassa no molde tronco cônico. b. argamassa após a retirada do molde. c. argamassa após subida e caída da mesa.



a.



b.



c.

- Determinação da retenção de água

O ensaio de determinação da retenção de água consistiu na medição da massa de água retida em uma amostra da argamassa estudada, após realização de procedimento padronizado que tem como princípio a sucção (50mmHg) por meio de

uma aparelhagem composta de um funil de Buchner modificado e uma bomba de vácuo, como mostra a Figura 22.

Figura 22 – Aparelhagem para o ensaio de retenção de água.



O ensaio seguiu as seguintes etapas:

- a) Colocou-se o papel-filtro filtro sobre o molde, onde foi umedecido. Em seguida, foi retirado o excesso de água do mesmo acionando-se a bomba de vácuo, aplicando uma sucção de 51 mmHg durante 90 segundos;
- b) Foi pesado o conjunto do papel-filtro mais o molde em balança de resolução 0,01g, registrando-se a massa (mv);
- c) Com a argamassa previamente preparada, foi colocada a mesma dentro do molde, passando um pouco da borá, adensando a mistura com 37 golpes no total, sendo 16 aplicados na borda e os outros 21 na parte central;
- d) Retirou-se o excesso da argamassa com espátula e pesou-se, registrado a massa (ma);
- e) Foi colocado o molde na parte superior do funil e em seguida aplicou-se a sucção de 51 mmHg durante 15 minutos;
- f) Removeu-se o molde do funil e registrou-se sua massa (ms)

Com as massas registradas, foi determinada a retenção de água através das Equações 2 e 3.

$$Ra = \left[ 1 - \frac{(m_a - m_s)}{AF(m_a - m_v)} \right] 100 \quad (2)$$

Sendo:

$$AF = \frac{m_w}{m + m_w} \quad (3)$$

Onde:

Ra = retenção de água (%);

$m_a$  = massa do conjunto com argamassa (g);

$m_s$  = massa do conjunto após a sucção (g);

$m_v$  = massa do conjunto vazio (g);

AF = fator água/argamassa fresca;

$m_w$  = massa total de água acrescentada à mistura (g);

$m$  = massa da argamassa industrializada ou a soma das massas dos componentes anidros no caso de argamassa de obra (g).

#### 3.4.2.2 Ensaio no estado endurecido

- Determinação da resistência à compressão

O ensaio se baseou na determinação da resistência à compressão axial de corpos-de-prova de 5x10 cm nas idades de 7, 14 e 28 dias, utilizando 4 exemplares para cada idade. Os corpos-de-prova foram desmoldados com 48h e colocados à cura úmida por imersão até sua idade de ruptura. A Figura ? mostra a execução do ensaio.

- Determinação da resistência à tração na flexão

Para o ensaio de resistência à tração na flexão, foram moldados 6 corpos-de-prova com medidas de 40x40x160 cm, para ruptura nas idades de 7, 14 e 28 dias.

- Determinação da densidade de massa aparente

Para a realização deste ensaio, foram utilizados 4 corpos-de-prova com dimensões de 5x10 cm na idade de 28 dias. Os exemplares foram secos em estufa até sua massa ser constante, em uma temperatura de  $105 \pm 5$  °C, onde após se esfriarem, foram determinadas as massas das amostras secas e suas dimensões com auxílio de paquímetro digital com precisão de 0,005 mm. A densidade foi obtida através da Equação 4:

$$\gamma_{ap} = 1000 \cdot \frac{M}{V} \quad (4)$$

Onde:

$\gamma_{ap}$  = densidade de massa aparente (kg/m<sup>3</sup>);

M = massa do corpo-de-prova (g);

V = volume do corpo-de-prova (cm<sup>3</sup>).

- Determinação do coeficiente de capilaridade

O coeficiente de capilaridade será determinado através do ensaio descrito pela NBR 15259/2005.

- Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica

Foram utilizados para determinação dos 3 parâmetros, 3 corpos-de-prova com idade de 28 dias. O ensaio consistiu nas seguintes etapas:

- a) Primeiramente, os corpos-de-prova foram secos em estufa até sua massa estar constante, em uma temperatura de  $105 \pm 5$  °C;
- b) Resfriamento dos exemplares à temperatura ambiente;
- c) Imersão das amostras em água com temperatura de  $23 \pm 2$  °C por 72 horas, onde nas primeiras 4 horas, eles permaneceram somente com

¼ de seu volume imerso, 2/3 nas 4 horas seguintes e completamente imersos nas 64h remanescentes. A cada 24 horas, os exemplares eram pesados.

- d) Após a imersão, os corpos-de-prova foram fervidos por 5 horas e resfriados à temperatura ambiente;
- e) Os exemplares foram pesados após a fervura;
- f) Por fim, foram obtidas as massas em balança hidrostática dos corpos-de-prova imersos.

Para determinação da absorção de água, foi utilizada a Equação 5.

$$\frac{M_{sat}-M_s}{M_s} \times 100 \quad (5)$$

O índice de vazios, é dado pela Equação 6.

$$\frac{M_{sat}-M_s}{M_{sat}-M_i} \times 100 \quad (6)$$

Onde:

$M_{sat}$  = massa da amostra saturada (g);

$M_s$  = massa da amostra seca em estufa (g);

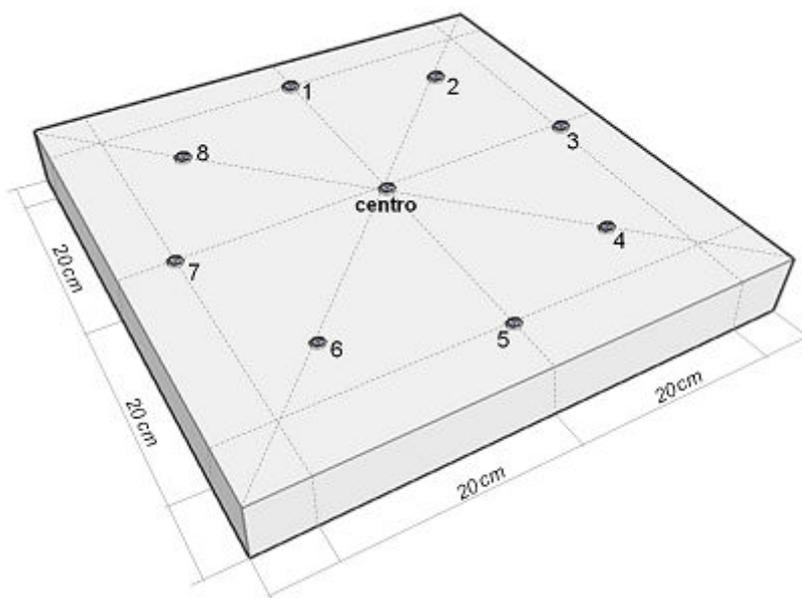
$M_i$  = massa da amostra saturada e imersa em água (g).

### 3.5 ACOMPANHAMENTO DA MOVIMENTAÇÃO SUPERFICIAL DO REVESTIMENTO

#### 3.5.1 Determinação da movimentação superficial

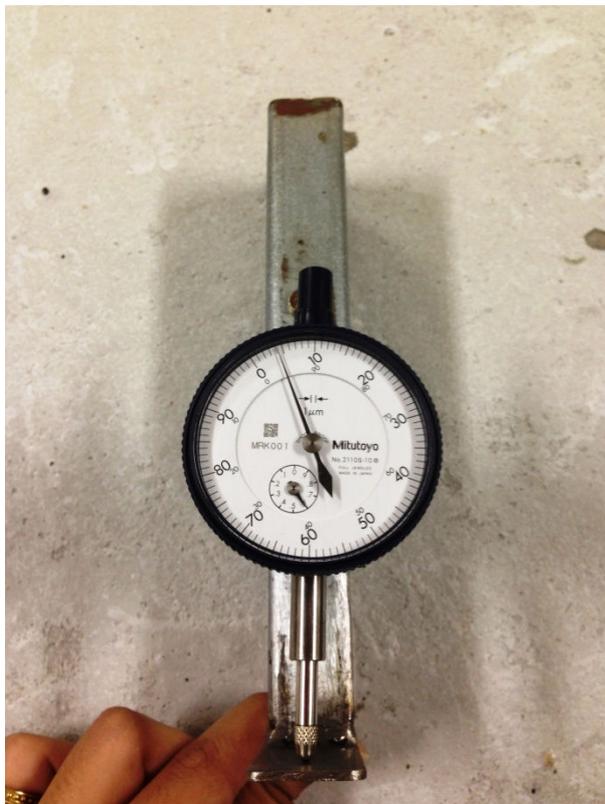
Para realizar o acompanhamento da movimentação superficial da argamassa de revestimento foram colocados nove elementos metálicos, em cada amostra, duas horas após de sua moldagem, sendo um no centro e outros oito distribuídos radialmente na superfície da placa, seguindo o modelo proposto por Pereira (2007). A distância entre os pontos será de aproximadamente 200 mm, como mostra a Figura 23.

Figura 23 – Ilustração com a localização e identificação dos pontos no corpo-de-prova (Pereira, 2007).



O acompanhamento foi realizado com leituras da distância entre os pontos, utilizando um aparelho confeccionado para este trabalho, onde possui um relógio comparador com precisão de  $0.001 \mu\text{m}$  (Figura 24). A primeira leitura foi feita após três horas da execução do revestimento, com 12 horas e seguiu com um intervalo de 24 horas até o corpo-de-prova completar 28 dias da moldagem.

Figura 24 – Aparelho confeccionado para realização das leituras da movimentação superficial. a. vista superior do aparelho. b. vista lateral do aparelho.



a.



b.

### 3.5.2 Acompanhamento da fissuração

Para o acompanhamento da fissuração, a análise foi realizada através de lupa e fissurômetro durante todo o período do ensaio. As fissuras foram classificadas pelo tamanho e quantificadas pela soma das medidas de seus comprimentos, em milímetros, dividindo-se pelo valor da área total da superfície analisada, em metros quadrados.

### 3.5.3 Acompanhamento do descolamento

O descolamento foi estimado através de percussão com uso de martelo metálico e quantificado por área, em centímetros quadrados, dividido pela área total analisada, em metros quadrados. A Figura 25 mostra o martelo utilizado no ensaio.

Figura 25 – Martelo utilizado para o ensaio de acompanhamento do descolamento.



### 3.6 ENSAIOS COMPLEMENTARES

#### 3.6.1 Determinação da resistência de aderência à tração do revestimento

Para a determinação da resistência de aderência à tração do revestimento foram utilizados um dos três corpos-de-prova confeccionados para a medição da movimentação superficial com idade de 60 dias. Para a realização do ensaio, foi utilizado aparelho de arrancamento, onde em cada placa eram feitos 12 arrancamentos, totalizando 96 medições. A Figura 26 mostra o a execução do ensaio.

Figura 26 – Etapas do ensaio de aderência à tração do revestimento. a. placa com 12 pastilhas a serem arrancadas. b. aparelho de arrancamento.



a.



b.

#### 3.6.2 Avaliação da perda de água das argamassas por evaporação

O método adotado para avaliação da perda de água por evaporação foi o proposto por Pereira (2007), na qual consistiu em colocar as argamassas em um recipiente metálico, preenchendo o mesmo com duas camadas iguais, adensadas por vibração mecânica durante 30 segundos.

O recipiente foi colocado em balança para determinação dos valores de perda de massa com leituras nos seguintes intervalos de tempo, em minutos: 1; 2; 3; 4; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 75; 90; 105; 120; 150; 180; 240; 300; 360; 1440 (24

horas); 2880 (48 horas); 4320 (72 horas); 5760 (96 horas-4 dias); 7200 (120 horas-5 dias); 8640 (144 horas-6 dias) e 10080 (168 horas-7 dias), sendo também acompanhada a temperatura superficial da argamassa.

Para serem gerados os resultados, foram utilizadas duas equações (Equação 7 e Equação 8), a fim de traçar a curva de evaporação ao longo do tempo.

$$PA_{evaporação} = \left[ 1 - \left( \frac{M_{conjunto} - M_{fôrma}}{M_{argamassa}} \right) \right] \times 100 \quad (7)$$

Onde:

$PA_{evaporação}$  = perda de água por evaporação (%);

$M_{conjunto}$  = massa do conjunto no tempo  $t$  (g);

$M_{fôrma}$  = massa da fôrma (g);

$M_{argamassa}$  = massa inicial da argamassa (g).

$$M_{argamassa} = M_{conjunto1} - M_{fôrma} \quad (8)$$

Onde:

$M_{conjunto1}$  = massa inicial do conjunto (g);

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos no programa experimental do estudo e as discussões. Primeiro, são expostos os valores relativos aos ensaios de caracterização das argamassas, no estado fresco e endurecido, bem como sua classificação segundo a NBR 13281/05, bem como a perda de água das argamassas por evaporação. Em seguida, são mostrados os resultados do ensaio da movimentação superficial do revestimento a base de argamassa e as quantificações da ocorrência de fissuração e descolamento. Por fim, são mostrados os valores obtidos no ensaio de resistência de aderência à tração das argamassas realizado nos corpos-de-prova utilizados nesse ensaio.

### 4.1 RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS

Os resultados dos ensaios de caracterização das argamassas de revestimento no estado fresco e endurecido são mostrados nas Tabelas 13 e 14.

Tabela 13 – Resultados dos ensaios de caracterização das argamassas no estado fresco.

<b>Ensaio</b>	<b>AA</b>	<b>AM</b>
Densidade de massa (kg/m <sup>3</sup> )	1,71	2,02
Teor de ar incorporado (%)	12	5
Índice de consistência (mm)	22	29
Retenção de água (%)	85	71

Tabela 14 – Resultados dos ensaios de caracterização das argamassas no estado endurecido.

Ensaio	AA	AM
Resistência à compressão (MPa) – 28 dias	1,41	2,53
Resistência à tração na flexão (MPa) – 28 dias	0,89	1,22
Coefficiente de capilaridade (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> ) – 72 horas	0,62	0,41
Absorção de água (%)	7,51	6,29
Índice de vazios (%)	21	13
Massa específica (g/dm <sup>3</sup> )	2,14	2,86

Segundo a NBR 13281/2005, as argamassa devem cumprir os requisitos prescritos pela norma. A classificação conforme as características e propriedades que possuem, estabelecidos pelos ensaios já citados, são mostrados na Tabela 15.

Tabela 15 – Classificação das argamassas segundo a NBR 13281/2005.

Ensaio	AA	AM
Resistência à compressão	P1	P2
Resistência à tração na flexão	R1	R1
Densidade de massa no estado fresco	D3	D5
Retenção de água	U2	U1
Resistência potencial de aderência à tração	A3	A3

Com os resultados obtidos, pode-se observar que a utilização da cal na composição das argamassas mistas agregou características favoráveis no que diz respeito ao estado fresco, com influência direta na trabalhabilidade. De acordo com Cincotto *et al.*(2005), a influência da cal da trabalhabilidade se justifica pelo estado de coesão interno que a cal proporciona, em função da menor tensão superficial da pasta, bem como a adesão das partículas de agregado.

No que diz respeito à retenção de água, a argamassa aditivada possui característica de reter mais água em comparação à argamassa mista, onde auxilia no processo de hidratação do aglomerante em idades maiores, assim, diminuindo os problemas com fissuração ocasionada por retração.







Figura 32 – Gráfico da média da movimentação superficial em relação ao centro das placas 40.AA.30 – 1, 2 e 3.

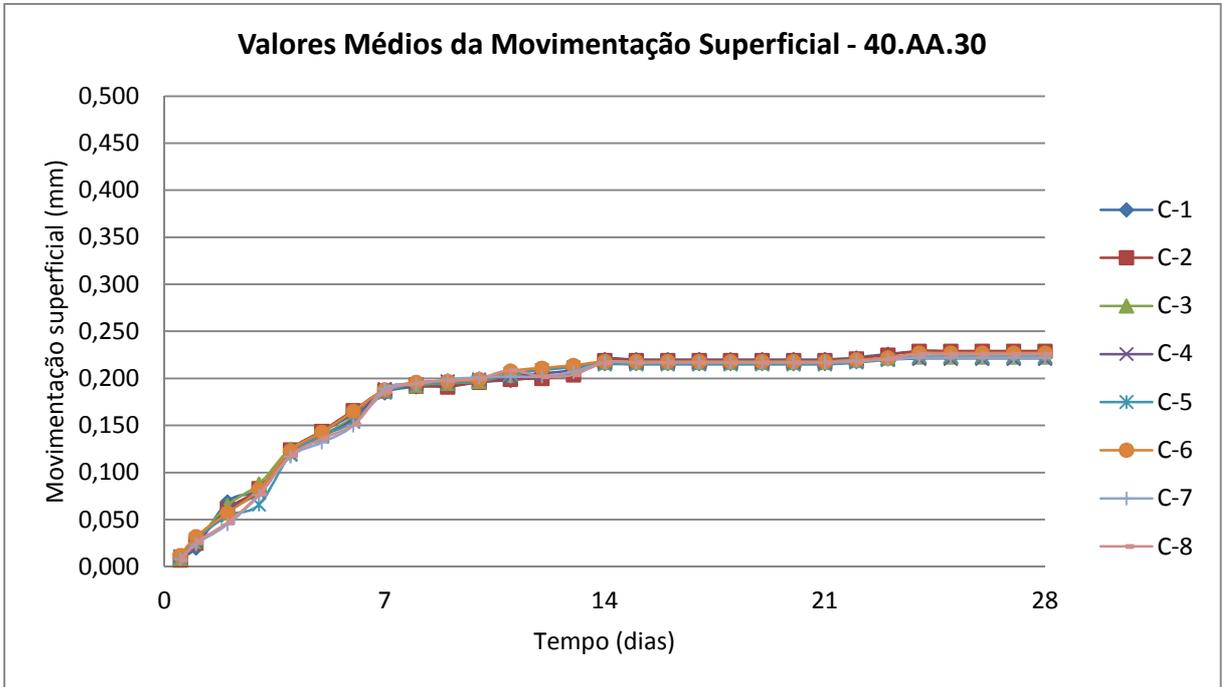


Figura 33 – Gráfico da média da movimentação superficial em relação ao centro das placas 40.AM.15 – 1, 2 e 3.

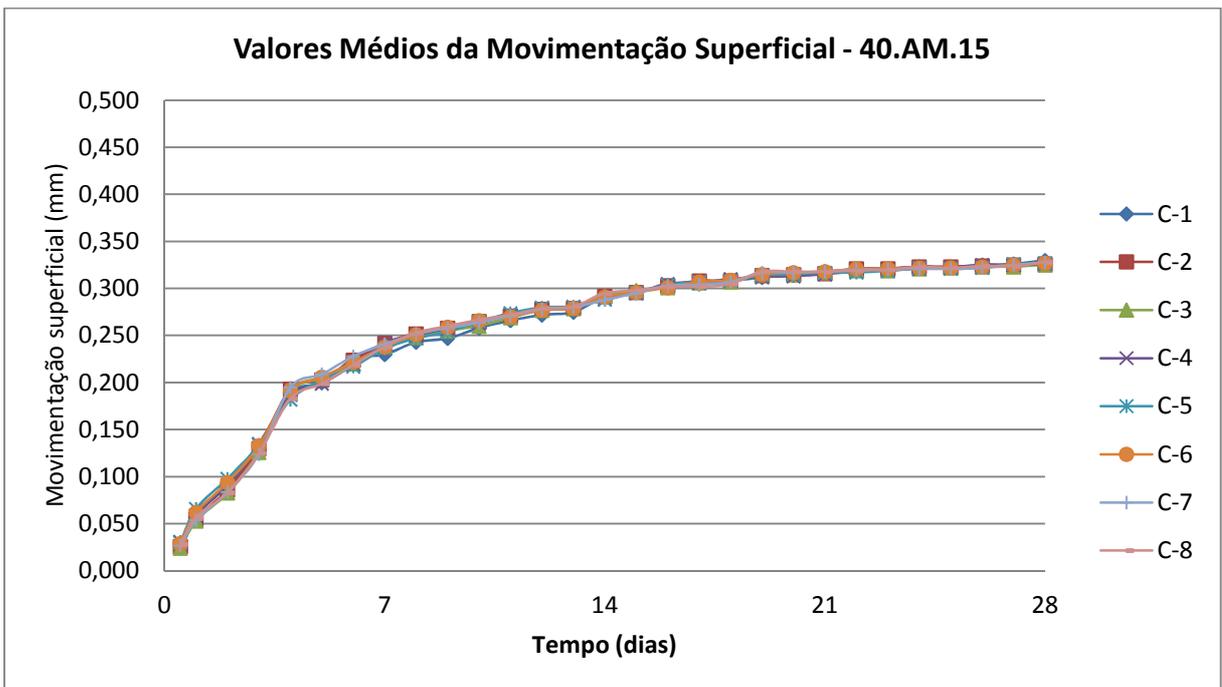


Figura 34 – Gráfico da média da movimentação superficial em relação ao centro das placas 40.AM.30 – 1, 2 e 3.

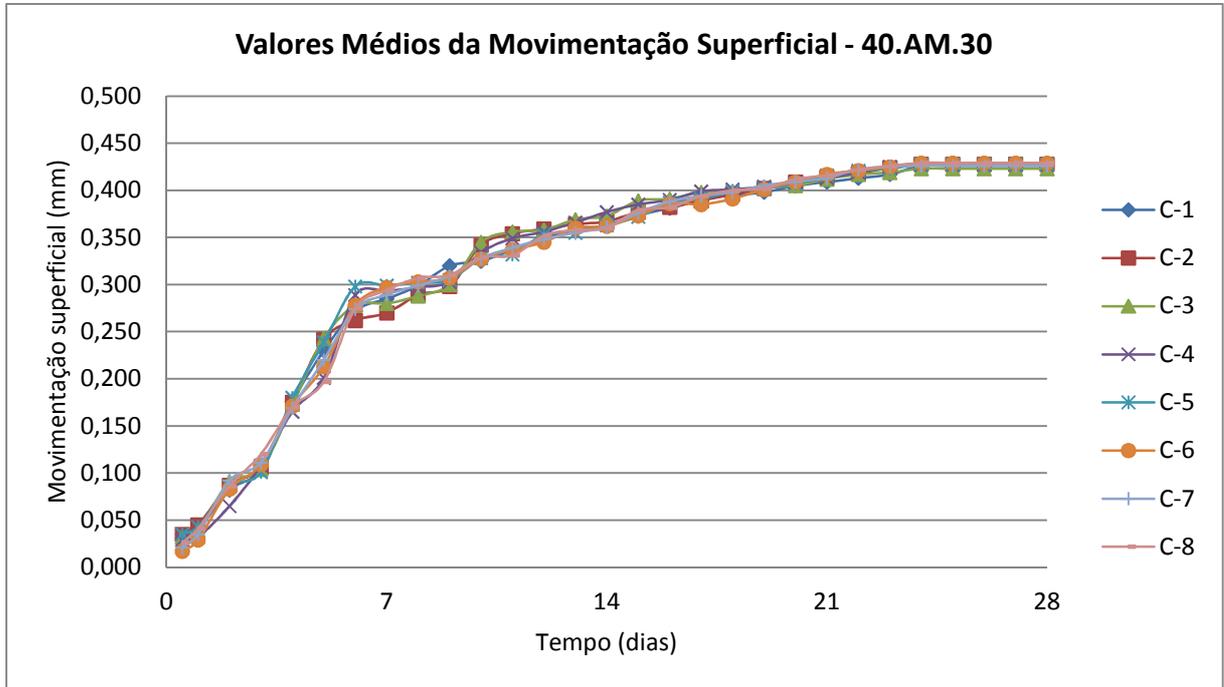
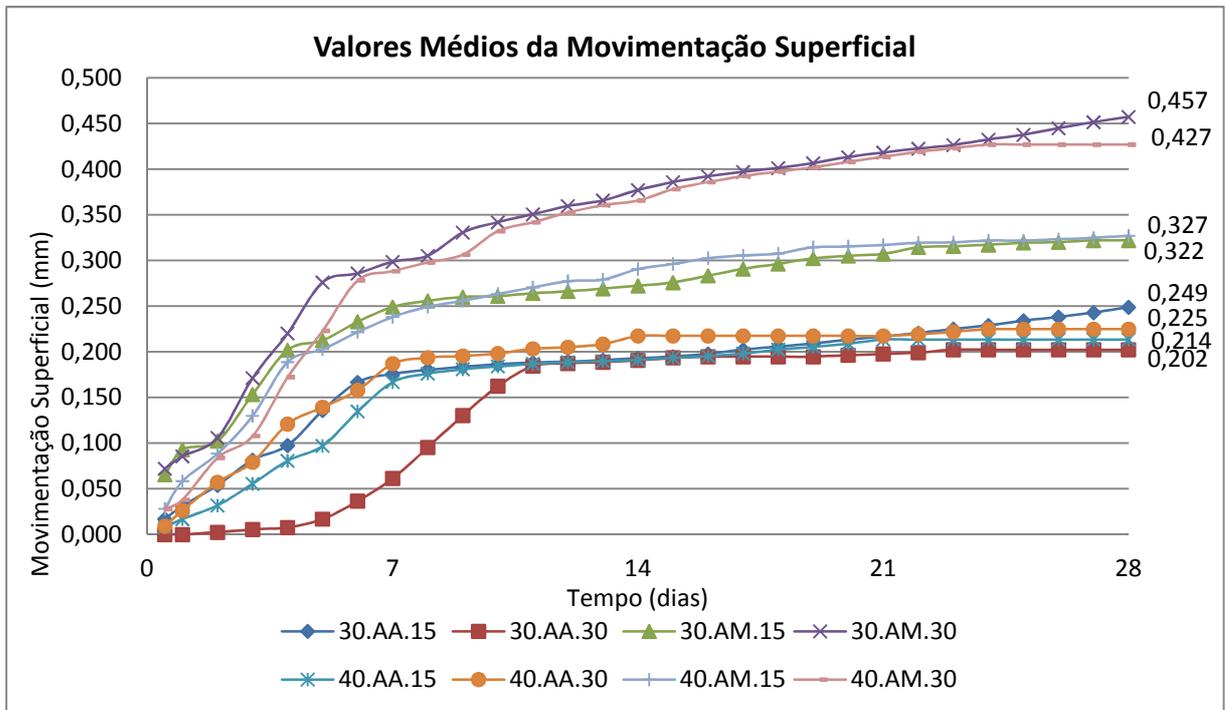


Figura 35 – Gráfico da média da movimentação superficial em relação ao centro das placas.



Após a apresentação dos gráficos, ficou evidente que o comportamento dos pontos dos mesmos sentidos são análogos, em decorrência dos valores da movimentação superficial serem muito similares. Também se pode afirmar que existe um período em que a velocidade de retração é maior (durante os 7 primeiros dias) e depois vai se tornando constante até completar os 28 dias de idade. Os resultados passaram por uma análise estatística (ANOVA), onde é mostrada na Figura 36 e Tabela 16.

Figura 36 – Análise de variância entre as variáveis do estudo.

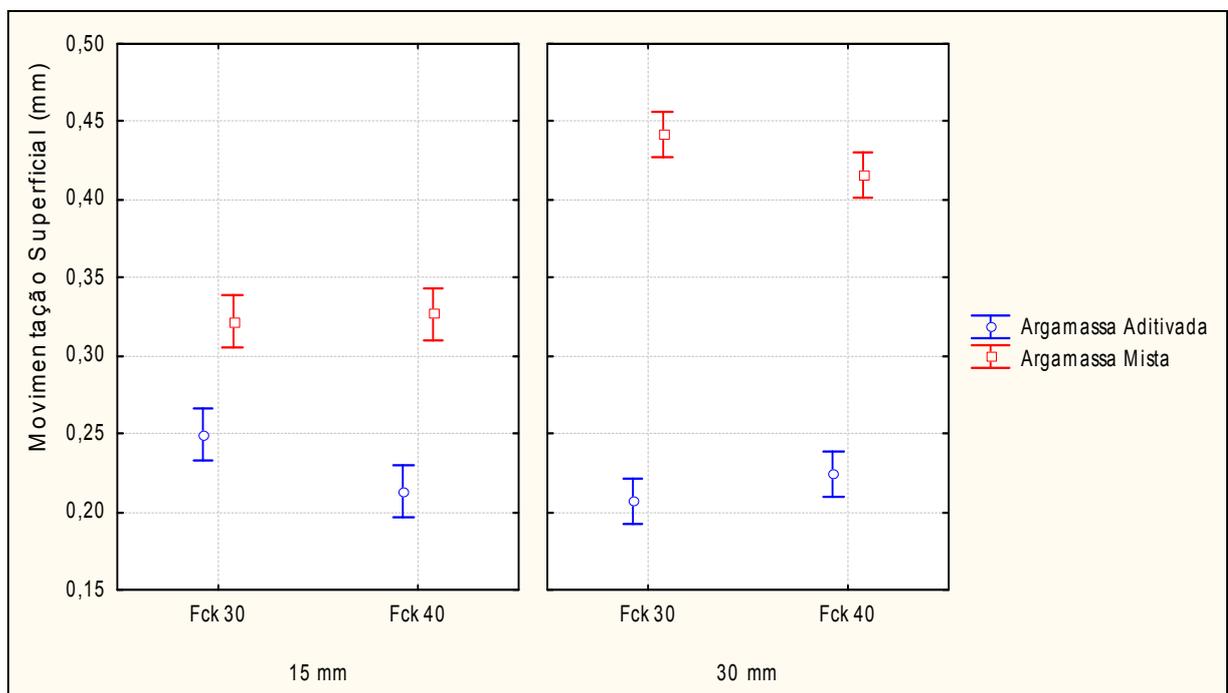


Tabela 16 – Resultados da análise de variância (ANOVA) entre as variáveis da movimentação superficial.

ANÁLISE DE VARIÂNCIA						
	SQ	GLD	MQ	Fcal	P	Significância
<b>Tipo de Substrato</b>	0,002	1	0,002	3,389	0,071	ns
<b>Tipo de Argamassa</b>	0,371	1	0,371	769,425	0,000	s
<b>Espessura da Camada</b>	0,031	1	0,031	64,841	0,000	s
<b>Erro</b>	0,027	56	0,000			

SQ: Soma Quadrada, GLD: Grau de Liberdade, MQ: Média Quadrada, F(cal): valor calculado de F, p: nível de significância, s: significativo e ns: não significativo.

Após a análise de variância (ANOVA) pode-se constatar que algumas variáveis escolhidas para o estudo influenciam de forma significativa na

movimentação superficial da argamassa de revestimento. Para avaliar a diferença entre as movimentações utilizou-se a análise múltipla das médias, encontrada na Tabela 17.

Tabela 17 – Resultados da análise de múltipla das médias da movimentação superficial.

<b>ANÁLISE MÚLTIPLA DE MÉDIAS</b>								
	<b>30.AA.15</b>	<b>30.AA.30</b>	<b>30.AM.15</b>	<b>30.AM.30</b>	<b>40.AA.15</b>	<b>40.AA.30</b>	<b>40.AM.15</b>	<b>40.AM.30</b>
<b>30.AA.15</b>	-	VS						
<b>30.AA.30</b>	VS	-	VS	VS	VNS	VNS	VS	VS
<b>30.AM.15</b>	VS	VS	-	VS	VS	VS	VNS	VS
<b>30.AM.30</b>	VS	VS	VS	-	VS	VS	VS	VS
<b>40.AA.15</b>	VS	VNS	VS	VS	-	VNS	VS	VS
<b>40.AA.30</b>	VS	VNS	VS	VS	VNS	-	VS	VS
<b>40.AM.15</b>	VS	VS	VNS	VS	VS	VS	-	VS
<b>40.AM.30</b>	VS	-						

VS: variância significativa; VNS: variância não significativa

Com os resultados, comprova-se que as argamassas que possuem mesma composição e mesma espessura e substratos com resistências diferentes são estatisticamente iguais, bem como as argamassas aditivadas de substrato de 30 MPa e 40 MPa com espessuras diferentes. Pode-se também afirmar que a composição da argamassa com mesma resistência de substrato e mesma espessura são significativamente diferentes, assim como as argamassas mistas com mesma resistência de substrato e espessuras distintas.

Diante disto, com os resultados deste ensaio, foi possível realizar a comparação entre as variáveis como mostra o fluxograma da Figura 37.

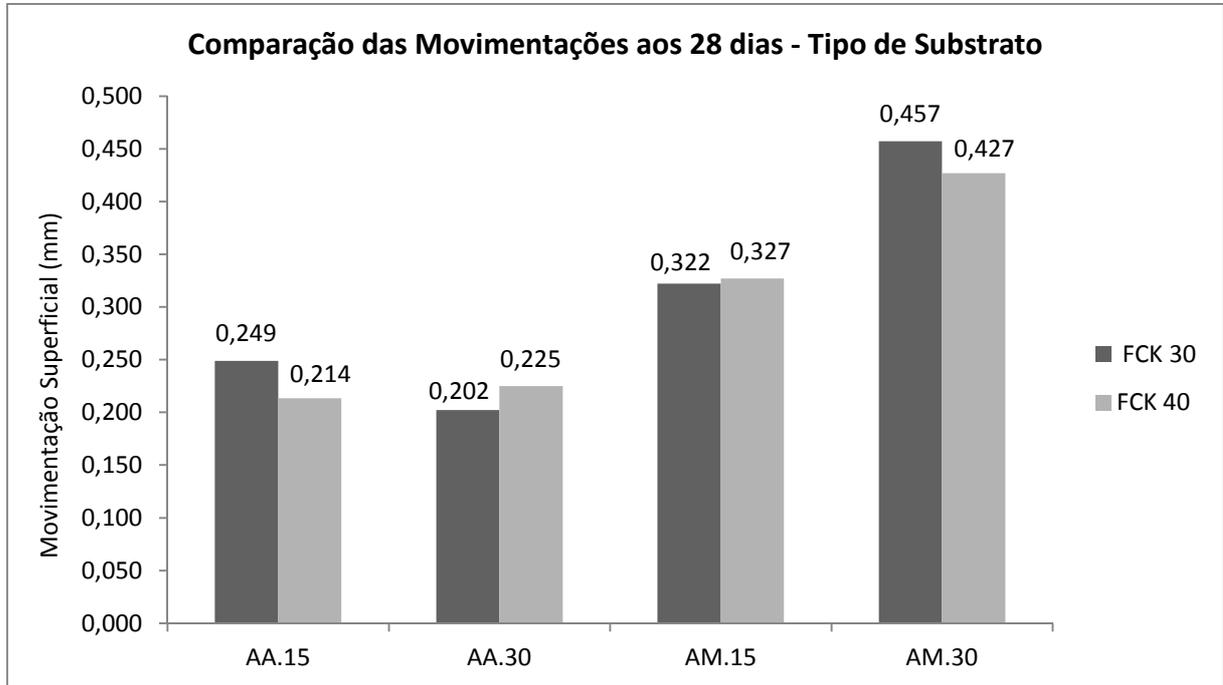
Figura 37 – Fluxograma da comparação entre as variáveis do estudo.



#### 4.2.1 Verificação da influência do tipo de substrato

A Figura 38 mostra os dados obtidos a partir dos resultados das médias da movimentação superficial lidas nos corpos-de-prova que foram utilizados dois tipos de resistência característica (fck).

Figura 38 – Gráfico de comparação da média das movimentações superficiais aos 28 dias entre os tipos de substratos.



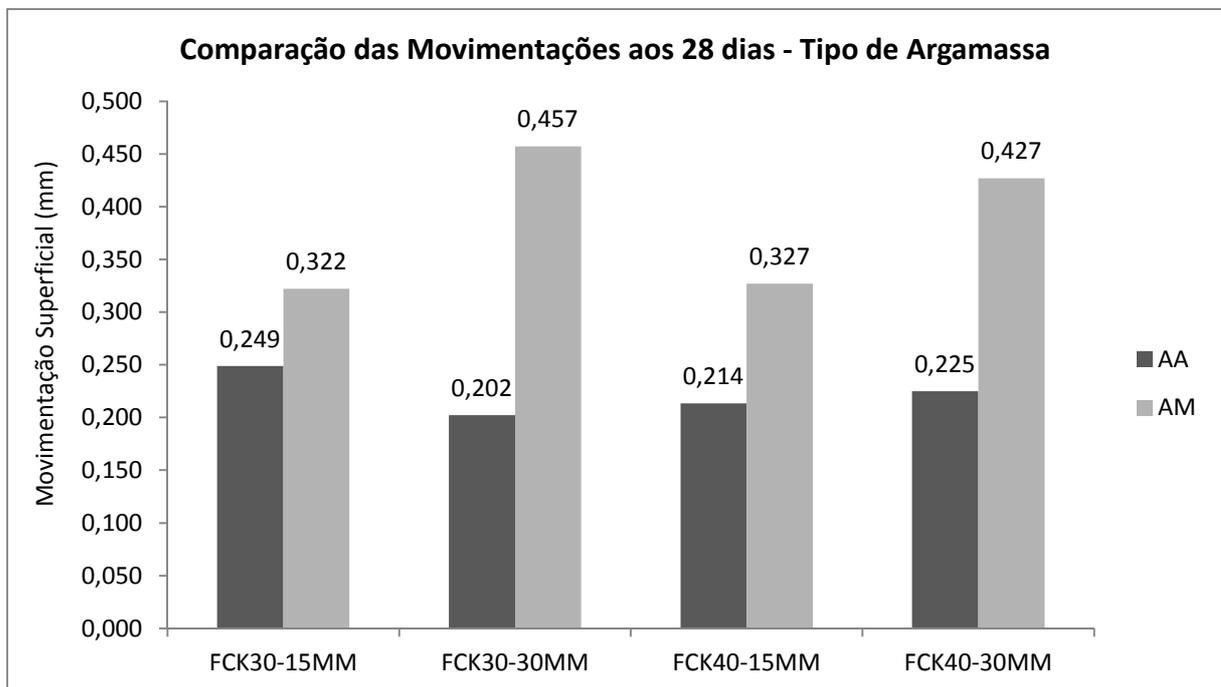
As movimentações obtidas mostram que não houve uma diferença considerável entre as argamassas AA.15, AA.30 e AM.30, onde a primeira teve a diferença maior entre as demais, de 0,035 mm. A argamassa AM.15 apresentou somente diferença de 0,005 mm, considerada desprezível.

Portanto, pode-se afirmar que o substrato não exerceu grande influência na movimentação superficial das argamassas. Isso se justifica, devido os corpos-de-prova terem recebido o mesmo tipo de tratamento de base, com chapisco aditivado, assim, não permitindo considerável perda de água através de sucção por parte do substrato, contrariando estudos realizados por Bastos (2001) e Paes (2004), onde afirmam que o substrato poroso influencia diretamente na quantidade e na velocidade do transporte de água da argamassa para o mesmo, onde conseqüentemente também influencia nas propriedades desse material.

#### 4.2.2 Verificação da influência do tipo de argamassa

No gráfico da Figura 39 é mostrado a comparação entre os tipos de argamassas utilizadas no trabalho, a mista E6 e aditivada com incorporador de ar, aos 28 dias de idade.

Figura 39 – Gráfico de comparação da média das movimentações superficiais aos 28 dias entre os tipos de argamassa.



Através dos resultados, pode-se verificar que os corpos-de-prova com fck de 30 Mpa e espessura da camada de 15 mm teve 22,67% de acréscimo na retração da argamassa aditivada para a argamassa mista. No de mesmo fck com espessura de 30 mm, o acréscimo foi maior, de 55,79%, obtendo o maior valor dentre os demais. Para os exemplares de fck de 40 MPa, os acréscimos foram de 34,56% e 47,31%, para as espessuras 15 e 30 mm, respectivamente. Pode-se concluir, que o tipo de argamassa utilizado na confecção das argamassas exerce influência direta na retração.

As argamassas aditivadas com incorporador de ar possuíram retração menor, em relação à argamassa mista E6, em todos os corpos-de-prova estudados,

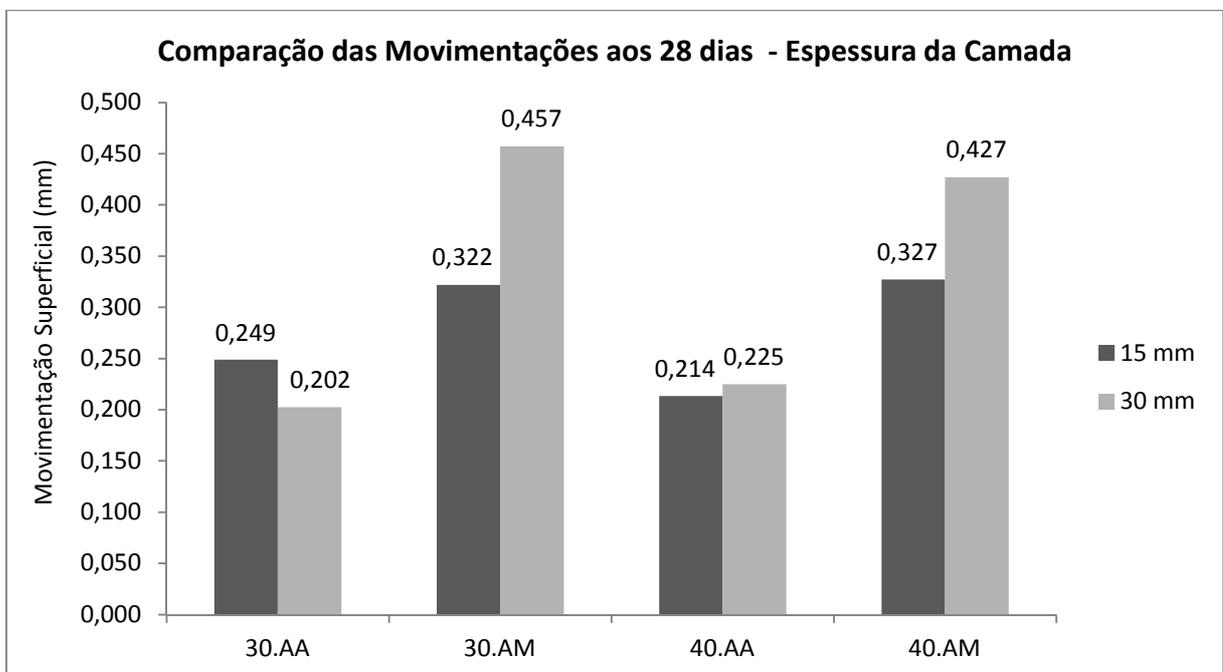
confirmando a influência positiva do aditivo principalmente em locais onde a temperatura ambiente e a umidade são elevadas.

Corroborando com isto, Dubaj (2000) afirma que misturas que possuem ar incorporado em sua composição apresentam menor retração em relação às que possuem cal, na medida em que esse aditivo gera o surgimento de micro bolhas, dificultando a passagem da água de amassamento para o exterior. Alves (2002) também relata em seu estudo, que o teor de ar incorporado na mistura contribuiu na retenção de água da mesma.

#### 4.2.3 Verificação da influência da espessura da camada de revestimento

O gráfico da Figura 40 mostra o comportamento da argamassa de revestimento junto às movimentações médias aos 28 dias de idade verificando a influência da espessura da camada de revestimento.

Figura 40 – Gráfico de comparação da média das movimentações superficiais aos 28 dias entre as diferentes espessuras da camada de revestimento.



Verificou-se que dentre os exemplares estudados, somente os corpos-de-prova da série 30.AA obteve comportamento contrário às demais, onde apresentou

diferença de 18,87% da espessura de 30 mm em relação à de 15 mm, podendo ser justificado pelo fato da argamassa ter perdido mais água para o substrato, na espessura de 15mm. As séries 30.AM e 40.AM alcançaram diferenças de 39,54% e 23,42%, respectivamente, da espessura de 15 mm para a de 30 mm, confirmando influência considerável da espessura da camada de revestimento em relação à retração. Em contrapartida, a série 40.AA apresentou somente 4,88% de acréscimo, podendo ser considerada desprezível.

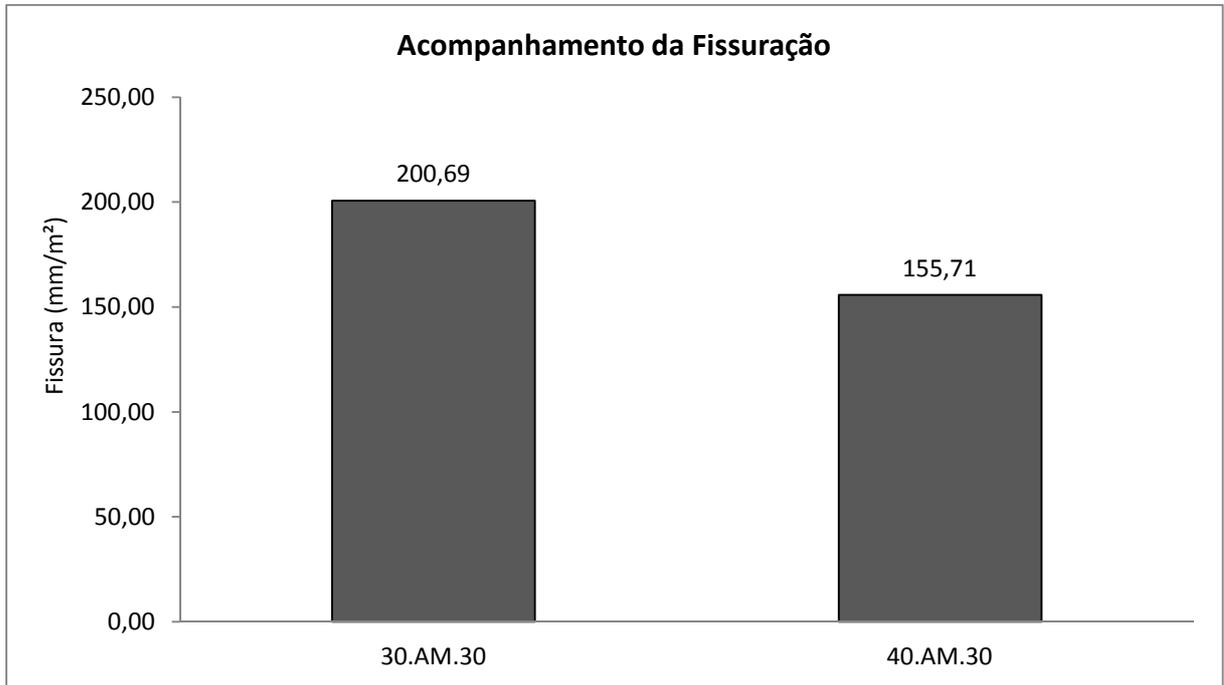
Paes (2004) afirma que a espessura empregada gera diferenças significativas no comportamento dos revestimentos, onde a menor espessura perdeu água em maior quantidade para o substrato, em relação às espessuras maiores. Em contrapartida, quando se aumentou a espessura, a perda de água na superfície se torna maior. Corroborando, Pereira (2007) confirma que a espessura do revestimento interfere consideravelmente na movimentação superficial do revestimento na medida que se aumenta a mesma.

#### 4.3 RESULTADOS DA OCORRÊNCIA DE DESCOLAMENTO E FISSURAS

Durante os ensaios, nenhuma série apresentou ocorrência de descolamento do revestimento, portanto, afirma-se que o preparo da base influenciou diretamente nos resultados, já que o mesmo proporcionou aderência suficiente entre a argamassa de revestimento e o substrato.

Na verificação da ocorrência de fissuras, somente as séries 30.AM.30 E 40.AM.30 foram observadas a fissuração. No gráfico da Figura 41 são mostrados os resultados.

Figura 41 – Gráfico do acompanhamento da fissuração.



As fissuras das séries surgiram nas primeiras 24 horas de idade e permaneceram com a mesma espessura e comprimento e profundidade ao longo do ensaio, portanto, classificadas como passivas, provenientes da retração por secagem. Na série 30.AM.30, as fissuras obtiveram um valor de 200,69 mm/m<sup>2</sup> e tinham espessura predominante de 0,3 mm e as da série 40.AM.30, um valor de 155,71 mm/m<sup>2</sup>, onde suas espessuras foram de 0,2 mm.

Pode ser observado no gráfico que a argamassa que apresentou maior quantidade de fissuras foi a mista, de substrato com 30 MPa, o que pode se justificar pela mesma ter apresentado maior valor de retração no ensaio de movimentação superficial do revestimento.

Silva (2011) destaca que a fissuração em revestimento de argamassa está diretamente associada à retração da argamassa que ocorre já nas primeiras horas após a adição da água na mistura. Também diz que para reduzir ou até mesmo eliminar a fissuração nos revestimentos é necessário aumentar as dimensões dos capilares da argamassa. Uma das formas de se conseguir isto seria a redução do teor de finos e a incorporação de ar na mistura, reduzindo assim, o consumo de água e melhorando a trabalhabilidade da argamassa.

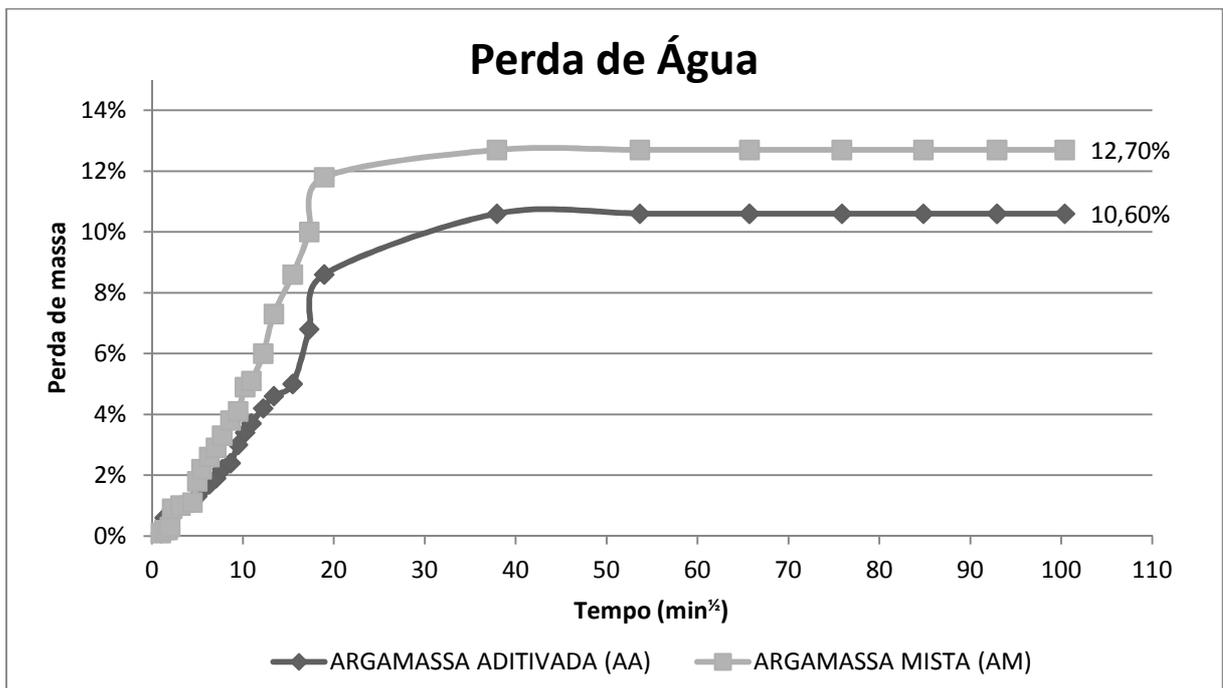
No trabalho, pode-se observar que as argamassas que foram dosadas com menor teor de finos e que foram aditivadas com incorporador de ar, não apresentaram nenhuma fissura.

#### 4.4 RESULTADOS DOS ENSAIOS COMPLEMENTARES

##### 4.4.1 Resultado da Perda de Água das Argamassas

Na figura 42 é mostrado o gráfico com os resultados da quantificação da perda de água das argamassas utilizadas no trabalho através da perda de massa por evaporação.

Figura 42 – Gráfico da perda de água por evaporação.



Nota-se que a argamassa composta por aditivo incorporador de ar obteve valor inferior de perda de água em relação à argamassa mista, proporcionando uma diferença de 2,1%. Isso confirma às análises de retração superficial vistas anteriormente, já que o comportamento se manteve coerente, onde a argamassa

aditivada possui característica de retenção de água maior que argamassas mistas. As duas argamassas estudadas tiveram perda de água proporcionais, onde após 24 horas de ensaio, mantiveram sua massa igual até o final do mesmo. Isso pode ser explicado pelo fato do ensaio ter sido executado em ambiente de laboratório, portanto, não estando em contato com incidência de ventos e temperaturas altas.

E função disto, Bastos (2001) destaca que o fator preponderante na perda de água das argamassas por evaporação está diretamente ligado às condições ambientais de umidade relativa do ar, onde estas características assumem papel importante principalmente em países como o Brasil.

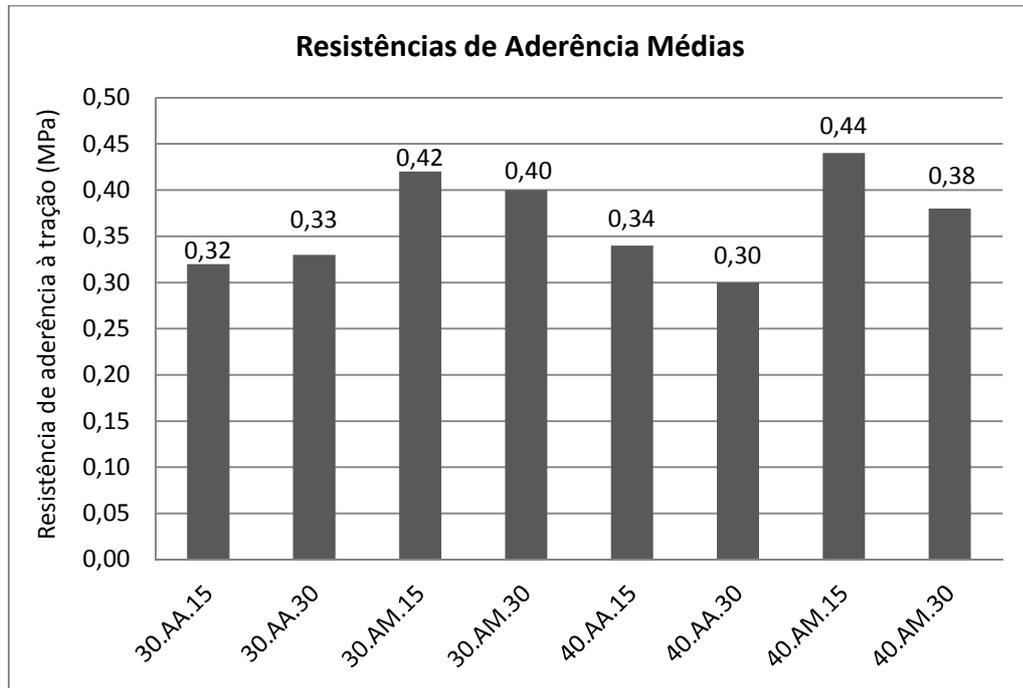
#### 4.4.2 Resultado do Ensaio de Aderência à Tração do Revestimento

A Tabela 18 e o gráfico da Figura 43 mostram os resultados para o ensaio de aderência à tração do revestimento aos 60 dias de idade.

Tabela 18 – Resultados do ensaio de resistência à tração.

Nomeclatura	Resistência à Aderência (Mpa)	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)	Forma Predominante de Ruptura
30.AA.15	0,32	0,04	12	Argamassa
30.AA.30	0,33	0,03	8	Argamassa
30.AM.15	0,42	0,06	14	Argamassa
30.AM.30	0,40	0,02	5	Argamassa
40.AA.15	0,34	0,02	5	Argamassa
40.AA.30	0,30	0,01	3	Argamassa
40.AM.15	0,44	0,03	6	Argamassa
40.AM.30	0,38	0,03	7	Argamassa

Figura 43 – Gráfico do resultado ensaio de aderência à tração do revestimento.



A NBR 13749/96 delimita os valores mínimos da resistência de aderência ( $R_a$ ) para paredes internas e tetos de  $\geq 0,20$  MPa e para paredes externas de  $\geq 0,30$  MPa. Portanto, de acordo com os resultados mostrados, todas as argamassas estariam aptas ao uso.

A análise dos resultados mostra que o teor de finos influenciou significativamente os resultados deste ensaio. Todas as séries que possuíam em sua composição cal e o traço com maior teor de finos, obtiveram valores maiores de resistência à aderência. Para as séries de substrato com fck de 30 MPa, as diferenças foram de 23,81% e 17,50%, das espessuras 15mm e 30mm, respectivamente. Para as séries de 40 MPa, as diferenças foram de 22,73% e 21,05%. Isto prova que mesmo tendo maior incidência de retração, o consumo de aglomerantes é determinante na resistência à aderência de revestimentos à base de cimento Portland.

Corroborando com isto, Dubaj (2000), cita que existe uma relação de proporcionalidade direta entre o consumo de aglomerante e o aumento da resistência de aderência. Stoltz (2011) ressalta que a reologia da argamassa exerce maior influência sobre a resistência de aderência, já que depende dela o aumento da

área de contato ou não, proporcionada pela rugosidade do substrato. Ainda comenta que a presença de incorporador de ar influencia negativamente nas argamassas no desenvolvimento da resistência de aderência e no incremento da área de contato, proporcionando a formação de bolsões de ar na interface substrato/argamassa.

A Figura 44 apresenta o gráfico da análise de variância (ANOVA) para os resultados médios do ensaio de resistência de aderência à tração e na Tabela 19 são mostrados os dados da análise.

Figura 44 – Análise de variância entre os resultados médios do ensaio de resistência de aderência.

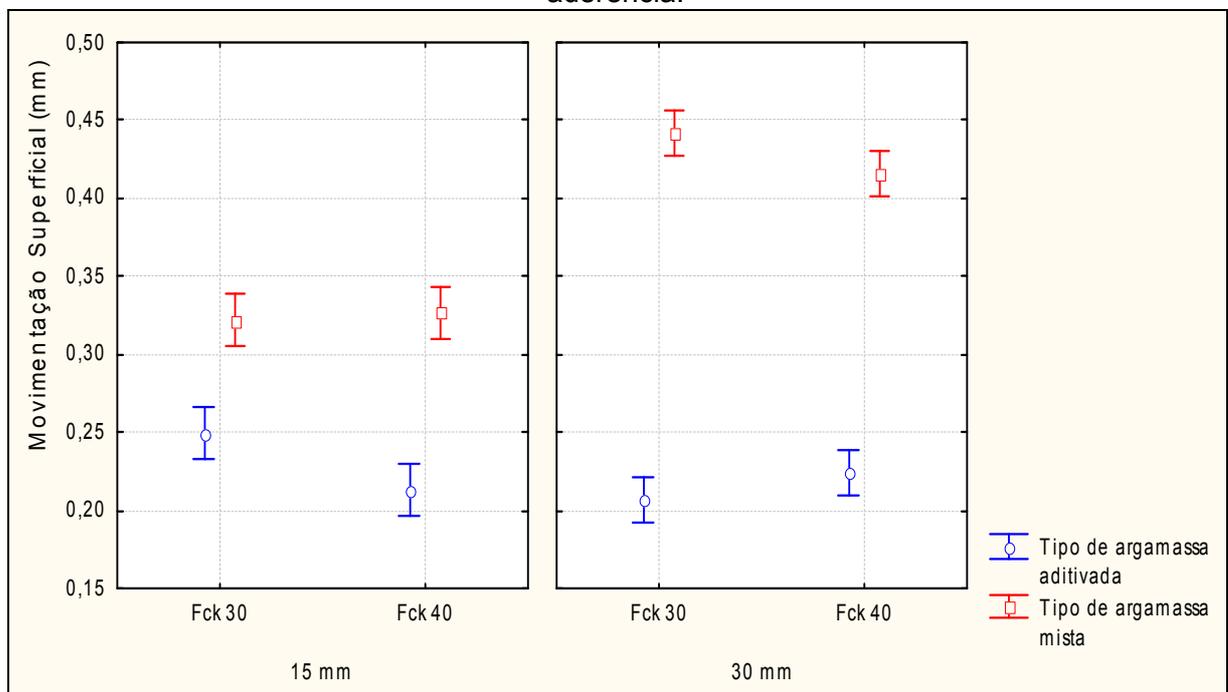


Tabela 19 – Resultados da análise de variância (ANOVA) da resistência de aderência.

ANÁLISE DE VARIÂNCIA						
	SQ	GLD	MQ	Fcal	P	Significância
<b>Resistência de Aderência</b>	0,22249	7	0,03178	31,64	0,00	s
<b>Erro</b>	0,08839	88	0,00100			

SQ: Soma Quadrada, GLD: Grau de Liberdade, MQ: Média Quadrada, F(cal): valor calculado de F, p: nível de significância, s: significativo e ns: não significativo.

Após a análise de variância (ANOVA) fez-se necessária a verificação da múltipla das médias, mostrada na Tabela 20.

Tabela 20 – Resultados da análise de múltipla das médias da resistência de aderência.

<b>ANÁLISE MÚLTIPLA DE MÉDIAS</b>								
	<b>30.AA.15</b>	<b>30.AA.30</b>	<b>30.AM.15</b>	<b>30.AM.30</b>	<b>40.AA.15</b>	<b>40.AA.30</b>	<b>40.AM.15</b>	<b>40.AM.30</b>
<b>30.AA.15</b>	-	VNS	VS	VS	VNS	VNS	VS	VS
<b>30.AA.30</b>	VNS	-	VS	VS	VNS	VNS	VS	VS
<b>30.AM.15</b>	VS	VS	-	VNS	VS	VS	VNS	VS
<b>30.AM.30</b>	VS	VS	VNS	-	VS	VS	VS	VNS
<b>40.AA.15</b>	VNS	VNS	VS	VS	-	VNS	VS	VS
<b>40.AA.30</b>	VNS	VNS	VS	VS	VNS	-	VS	VS
<b>40.AM.15</b>	VS	VS	VNS	VS	VS	VS	-	VS
<b>40.AM.30</b>	VS	VS	VS	VNS	VS	VNS	VS	-

Através das análises mostradas acima, confirma-se as considerações feitas anteriormente, onde nas séries AA.15, AA.30, AM.15 e AM.30, a variação da resistência do substrato não apresentou diferenças consideráveis, portanto, são iguais estatisticamente. Assim como nas séries 30.AA, 30.AM e 40.AA, a influência da espessura da camada de revestimento não influenciou significativamente. O restante das séries foram consideradas iguais estatisticamente.

## 5 CONCLUSÃO

A seguir são apresentadas às conclusões da pesquisa obtidas através dos resultados e das análises do programa experimental, bem como as sugestões para trabalhos futuros.

### 5.1 CONCLUSÕES

- A movimentação superficial em um revestimento de argamassa, ou seja, retração na superfície do revestimento acontece com mais intensidade nos primeiros 7 dias de idade e torna-se praticamente constante até a idade final de 28 dias;
- A preparação do substrato, no caso da pesquisa, a aplicação de chapisco aditivado não permitiu que a argamassa de revestimento perdesse quantidade de água significativa para a base, portanto, a variação da resistência do substrato não apresentou diferença significativa na análise da retração;
- Quanto ao tipo de argamassa, os resultados mostraram que a composição da argamassa exerce influência direta na movimentação superficial, onde às séries que obtiveram os maiores valores foram as argamassas mista, de substrato com fck 30 e 30 mm de espessura da camada, onde obteve um acréscimo de 55,79% em relação à argamassa aditivada e a série de argamassa mista com substrato de fck 40 e espessura de 30 mm, com 47,31% de diferença;
- Foi constatada a eficiência do aditivo incorporador de ar no que diz respeito à propriedade de retenção de água das argamassas, o que foi constatado através de ensaio de caracterização da mesma;
- Em relação à espessura da camada de revestimento, foi percebido que somente as séries 30.AM e 40.AM, tendo em sua composição cal, apresentaram diferença significativa na movimentação superficial, onde obtiveram valores de 39,54% e 23,42% acima dos valores referentes às espessuras de 15mm e 30mm, respectivamente;

- No acompanhamento do descolamento das argamassas, não foi constatado descolamento por parte da argamassa de revestimento, devido ao preparo da base ter sido feito corretamente;
- Na análise da fissuração, foi verificado que somente nas séries 30.AM.30 e 40.AM.30 foram encontradas fissuras, onde as mesmas foram classificadas como passivas, provenientes da retração do revestimento, onde mantiveram sua espessura e profundidade constantes ao longo do ensaio;
- Na série 30.AM.30, o valor da soma das medidas de comprimento em milímetros pela área da placa estudada foi de 200,69 mm/m<sup>2</sup>, tendo predominância de abertura de 0,3 mm e na série 40.AM.30, o valor foi de 155,71 mm/m<sup>2</sup>, tendo maioria de fissuras com abertura de 0,2 mm;
- Durante a análise do ensaio complementar de perda de água das argamassas através de evaporação, foi confirmado a propriedade de retenção de água com mais eficácia do aditivo incorporador de ar, obtendo assim uma diferença de 2,1% em relação à argamassa contendo cal. Tendo também observado que as argamassas mantiveram seu peso após 24 horas de ensaio;
- No ensaio de resistência de aderência à tração do revestimento foi verificado que a influência mais significativa foi em relação à composição das argamassas, corroborando com estudos anteriores que afirmam que o teor de finos é fator determinante;
- As diferenças em relação à composição para as séries com fck de 30 MPa foram de 23,81% e 17,50%, respectivamente para as espessuras de 15 mm e 30 mm e para as séries de 40 MPa foram de 22,73% e 21,05%;
- Também pode ser constatado que todas as argamassas obtiveram valores acima do estabelecido pela normatização, ou seja, estão aptas ao uso;
- Através de análise estatística de variância, foi confirmado que as séries AA.15, AA.30, AM.15 E AM.30, a variação da resistência do substrato não foi significativamente diferente, ou seja, o substrato não teve influência significativa;
- E que nas séries 30.AA, 30.AM e 40.AA, a espessura da camada de revestimento não influenciou consideravelmente na propriedade de resistência de aderência da argamassa de revestimento.

## 5.2 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Com base na pesquisa aqui desenvolvida, propõe-se o aprofundamento sobre o estudo da retração e na análise da movimentação superficial das argamassas de revestimento. Dessa forma, sugerem-se as seguintes abordagens:

- Acompanhamento da movimentação superficial de revestimentos à base de argamassa com variação do tipo de tratamento de base, variando o substrato como concreto e bloco cerâmico, bem como composições diferenciadas de argamassas aditivadas e mistas;
- Implementação de método de leitura fotográfica, com modelagem computacional a fim de permitir menores influências nas leituras da retração superficial;
- Verificação a retração superficial simulando os tipos de condições climáticas encontradas no Brasil;

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7200 (1998). **Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento**. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 7215 (1996). **Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 7217 (1987). **Agregados – Determinação da Composição Granulométrica**. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 7251 (1982). **Agregado em estado solto – Determinação da massa unitária**. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 9776 (1987). **Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman**. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 9778 (2005). **Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica**. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 9935 (2005). **Agregados - Terminologia**. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 11578 (1991). **Cimento Portland composto**. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 13276 (2005). **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência**. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 13277 (2005). **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água**. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 13278 (2005). **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado**. Rio de Janeiro.

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

\_\_\_\_\_. NBR 13280 (2005). **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido.** Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 13281 (2005). **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos.** Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 13528 (2010). **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração.** Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 13529 (1995). **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Terminologia.** Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 13530 (1995). **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas.** Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 13749 (1996). **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Classificação.** Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 13749 (1996). **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação.** Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 13753 (1996). **Argamassa e concreto - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos.** Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 15258 (2005). **Argamassa para revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência potencial de aderência à tração.** Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NBR 15259 (2005). **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade.** Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NM 23 (2000). **Cimento portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica.** Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NM 30 (2001). **Agregado miúdo - determinação da absorção de água.** Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NM 43 (2003). **Cimento portland - Determinação da pasta de consistência normal.** Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NM 65 (2003). **Cimento portland - Determinação do tempo de pega.** Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. NM 248 (2003). **Agregados - Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro.

ARAÚJO JR, J.M. **Contribuição ao estudo das propriedades físico-mecânicas das argamassas de revestimento**, Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 2004, 175p.

BAÍA, L. L. M.; SABBATINI, F. H. **Projeto e execução de revestimento de argamassa.** O Nome da Rosa, São Paulo, 2004.

BASTOS, P. K. X. **Retração e Desenvolvimento de Propriedades Mecânicas de Argamassas Mistas de Revestimento**, Tese de Doutorado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2001, 172p.

BASTOS, P. *et al.* **“Comparação da Retração de Argamassas Industrializadas e Mistas de Revestimento nos Estados Fresco e Endurecido”.** In: *VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas*, 2005, Florianópolis, Brasil, 251-261.

BOUASKER, M. *et al.* **“Chemical shrinkage of cement pastes and mortars at very age: Effect of limestone filler and granular inclusions.”** In: *Cement & Concrete Composites* 30, 2008, p. 13 – 22.

CARASEK, H. **Aderência de Argamassas a Base de Cimento Portland a Substratos Porosos – Avaliação dos Fatores Intervenientes e Contribuição ao Estudo do Mecanismo da Ligação**, Tese de doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1996, 285p.

CARASEK, H. **Argamassas**. In. *Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais*. ISAIA, O. IBRACON. 2 ED. 2010.

CINCOTTO, M.A; SILVA, M. A.; CARASEK, H. “**Argamassas de revestimento: propriedades, características e métodos de ensaios**”. IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 1995.

DÉTRICHÉ, C. H. **Contribution à l'étude du comportement des couches minces de mortiers de liants hydrauliques – applications aux enduits**, Tese de doutorado, Université Paul Sabatier de Toulouse, 1983, 202p.

DÉTRICHÉ, C. H. *et al.* “**Sensitivity to cracking and adhesion of thin mortar layers applied on a substrate: experimental results and numerical modeling**”. In: *IX Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas*, 2008, Minas Gerais, Brasil.

DIAS, L. A.; CARASEK, H. “**Avaliação da permeabilidade e da absorção de água de revestimentos de argamassa pelo método do cachimbo.**” In: *V Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas*, São Paulo, Brasil, 2003, 543-555.

DUBAJ, E. **Estudo comparativo entre traços de argamassa de revestimento utilizadas em Porto Alegre**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000, 102p.

GASPERIN, J. **Aderência de revestimento de argamassa em substrato de concreto: influência da forma de aplicação e composição do chapisco**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011, 194p.

LEAL, F. E. C. B. **Estudo do desempenho do chapisco como procedimento de prevenção de base em sistemas de revestimento**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 2003, 109p.

MALTESE, C. *et al.* **“Combined effect of expansive and shrinkage reducing admixtures to obtain stable and durable mortars”**. In: *Cement and Concrete Research* 35, 2005, p. 2244 – 2251.

MEHTA, P.; MONTEIRO, P. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo. Pini, 2008.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 3<sup>o</sup> edição. 738pp.1997

PAES, I. N. L. **Avaliação do transporte de água em revestimentos de argamassa nos momentos iniciais pós-aplicação**, Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, 2004, 242p.

PEREIRA, L. C. **Contribuição ao Estudo da Fissuração, da Retração e o Mecanismo de Descolamento do Revestimento à Base de Argamassa**, Tese de Doutorado, 2007, 217 p.

RECENA, F. **Conhecendo Argamassa**. Editora Edipucrs, V. 1. 2008.

ROUGELOT, T. *et. al.* **“Water desorption and shrinkage in mortars and cement pastes: Experimental study and poromechanical model.”** In: *Cement and Concrete Research* 39, 2009, p. 36 – 44.

SCARTEZINI, L. M. B. **Influência do Tipo e Preparo do Substrato na Aderência dos Revestimentos de Argamassa: Estudo da Evolução ao Longo do Tempo, Influência da Cura e Avaliação da Perda de Água da Argamassa Fresca**, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, 2002, 262p.

SELMO, S. M. S. **Dosagem de Argamassas de Cimento Portland e Cal para Revestimento Externo dos Edifícios**, Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1989, 187p.

SILVA, N. **Avaliação da Retração e da Fissuração em Revestimento e Argamassa na Fase Plástica**, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2011, 322p.

**SILVA, C. Avaliação de Diferentes Tratamentos na Base Aplicados Sobre Alvenaria de Bloco Cerâmico na Aderência da Argamassa: Estudo de Caso**, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará, 2011, 150p.

**STOLZ, C. Influência da Interação entre os Parâmetros Reológicos de Argamassas e a Área Potencial de Contato de Substratos na Aderência de Argamassas de Revestimento**, Tese de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011, 213 p.

**TUSSET, C. Avaliação de Desempenho de Revestimento Externo de Argamassa quanto à Permeabilidade e Resistência à Aderência – Estudo de Caso**, Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010, 67 p.

# APÊNDICES

## **APÊNDICE A – RESULTADOS MÉDIOS DA MOVIMENTAÇÃO SUPERFICIAL**



Tabela 3 – Resultados da movimentação superficial da série 30.AM.15

DIAS	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
<b>C-1</b>	0,065	0,092	0,103	0,154	0,202	0,210	0,232	0,247	0,251	0,252	0,252	0,258	0,264	0,267	0,271	0,278	0,282	0,291	0,296	0,303	0,305	0,308	0,312	0,314	0,318	0,320	0,321	0,323	0,323
<b>C-2</b>	0,063	0,097	0,100	0,153	0,202	0,213	0,234	0,250	0,254	0,255	0,256	0,261	0,263	0,268	0,272	0,279	0,281	0,292	0,296	0,303	0,308	0,308	0,314	0,315	0,316	0,321	0,321	0,323	0,323
<b>C-3</b>	0,059	0,089	0,100	0,153	0,202	0,213	0,235	0,249	0,261	0,265	0,266	0,267	0,267	0,269	0,271	0,276	0,284	0,292	0,298	0,301	0,306	0,307	0,315	0,315	0,317	0,319	0,319	0,321	0,322
<b>C-4</b>	0,067	0,091	0,104	0,152	0,201	0,215	0,232	0,248	0,257	0,263	0,263	0,263	0,265	0,269	0,273	0,275	0,281	0,289	0,295	0,302	0,301	0,306	0,312	0,313	0,315	0,318	0,319	0,321	0,322
<b>C-5</b>	0,068	0,093	0,103	0,152	0,203	0,212	0,233	0,250	0,260	0,264	0,266	0,268	0,268	0,270	0,274	0,274	0,285	0,288	0,296	0,304	0,307	0,308	0,314	0,315	0,317	0,317	0,319	0,322	0,321
<b>C-6</b>	0,067	0,093	0,103	0,154	0,202	0,213	0,233	0,251	0,256	0,261	0,263	0,265	0,267	0,270	0,273	0,274	0,283	0,291	0,296	0,301	0,307	0,309	0,315	0,317	0,318	0,321	0,321	0,322	0,322
<b>C-7</b>	0,068	0,092	0,103	0,154	0,203	0,212	0,234	0,248	0,253	0,259	0,261	0,265	0,268	0,271	0,272	0,276	0,286	0,288	0,295	0,303	0,304	0,307	0,317	0,317	0,318	0,320	0,320	0,321	0,321
<b>C-8</b>	0,067	0,095	0,104	0,156	0,201	0,212	0,231	0,249	0,255	0,260	0,261	0,266	0,268	0,269	0,273	0,275	0,285	0,295	0,298	0,302	0,302	0,305	0,316	0,318	0,318	0,319	0,320	0,323	0,322
<b>MÉDIA</b>	0,066	0,093	0,103	0,154	0,202	0,213	0,233	0,249	0,256	0,260	0,261	0,264	0,266	0,269	0,272	0,276	0,283	0,291	0,296	0,302	0,305	0,307	0,314	0,316	0,317	0,319	0,320	0,322	0,322
<b>DP</b>	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,004	0,005	0,003	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>CV (%)</b>	4,45	2,46	1,46	0,80	0,35	0,62	0,53	0,49	1,24	1,61	1,73	1,17	0,70	0,43	0,36	0,61	0,63	0,76	0,37	0,33	0,77	0,39	0,53	0,50	0,33	0,41	0,27	0,27	0,22

Tabela 4 – Resultados da movimentação superficial da série 30.AM.30

DIAS	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
<b>C-1</b>	0,071	0,082	0,104	0,167	0,230	0,254	0,265	0,299	0,310	0,325	0,337	0,349	0,358	0,363	0,374	0,381	0,387	0,395	0,398	0,403	0,409	0,413	0,417	0,421	0,427	0,434	0,441	0,449	0,456
<b>C-2</b>	0,068	0,087	0,106	0,175	0,242	0,262	0,270	0,289	0,298	0,342	0,354	0,359	0,364	0,367	0,377	0,382	0,389	0,396	0,402	0,409	0,414	0,418	0,424	0,428	0,434	0,437	0,444	0,451	0,459
<b>C-3</b>	0,082	0,091	0,104	0,173	0,243	0,278	0,280	0,293	0,300	0,345	0,356	0,361	0,369	0,373	0,389	0,391	0,398	0,399	0,403	0,405	0,408	0,415	0,419	0,423	0,431	0,436	0,447	0,453	0,458
<b>C-4</b>	0,069	0,078	0,108	0,165	0,201	0,289	0,293	0,299	0,303	0,334	0,349	0,356	0,366	0,377	0,385	0,390	0,399	0,401	0,404	0,408	0,413	0,417	0,421	0,427	0,432	0,438	0,443	0,449	0,456
<b>C-5</b>	0,074	0,086	0,101	0,180	0,239	0,298	0,299	0,302	0,305	0,321	0,332	0,342	0,355	0,363	0,372	0,387	0,391	0,399	0,402	0,407	0,416	0,421	0,423	0,428	0,435	0,439	0,445	0,455	0,459
<b>C-6</b>	0,067	0,083	0,109	0,171	0,213	0,278	0,297	0,303	0,307	0,327	0,337	0,345	0,352	0,362	0,373	0,386	0,385	0,389	0,394	0,404	0,417	0,419	0,425	0,429	0,433	0,437	0,447	0,454	0,457
<b>C-7</b>	0,073	0,092	0,111	0,169	0,197	0,274	0,289	0,299	0,309	0,328	0,339	0,348	0,355	0,361	0,376	0,388	0,394	0,398	0,405	0,409	0,413	0,421	0,425	0,426	0,437	0,441	0,449	0,453	0,458
<b>C-8</b>	0,072	0,086	0,104	0,170	0,197	0,275	0,294	0,304	0,310	0,323	0,331	0,345	0,358	0,360	0,371	0,382	0,394	0,400	0,402	0,408	0,416	0,422	0,426	0,429	0,431	0,439	0,443	0,448	0,455
<b>MÉDIA</b>	0,072	0,086	0,106	0,171	0,220	0,276	0,286	0,299	0,305	0,331	0,342	0,351	0,360	0,366	0,377	0,386	0,392	0,397	0,401	0,407	0,413	0,418	0,423	0,426	0,433	0,438	0,445	0,452	0,457
<b>DP</b>	0,004	0,004	0,003	0,004	0,019	0,013	0,012	0,005	0,004	0,008	0,009	0,007	0,006	0,006	0,006	0,004	0,005	0,004	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,001
<b>CV (%)</b>	6,13	5,05	2,89	2,59	8,71	4,70	4,18	1,61	1,41	2,51	2,67	1,90	1,57	1,58	1,61	0,93	1,20	0,90	0,83	0,54	0,74	0,70	0,71	0,64	0,65	0,46	0,56	0,54	0,30



Tabela 7 – Resultados da movimentação superficial da série 40.AM.15

DIAS	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
<b>C-1</b>	0,030	0,062	0,090	0,132	0,189	0,200	0,225	0,230	0,243	0,247	0,258	0,266	0,272	0,275	0,291	0,296	0,303	0,305	0,308	0,312	0,314	0,318	0,320	0,321	0,323	0,323	0,325	0,326	0,330
<b>C-2</b>	0,026	0,055	0,086	0,130	0,193	0,203	0,224	0,242	0,252	0,258	0,265	0,271	0,278	0,279	0,292	0,296	0,303	0,308	0,308	0,314	0,315	0,316	0,321	0,321	0,323	0,323	0,324	0,325	0,326
<b>C-3</b>	0,024	0,053	0,083	0,126	0,190	0,205	0,220	0,239	0,248	0,255	0,260	0,269	0,277	0,279	0,292	0,298	0,301	0,306	0,307	0,315	0,315	0,317	0,319	0,319	0,321	0,322	0,323	0,323	0,325
<b>C-4</b>	0,031	0,059	0,091	0,135	0,187	0,199	0,219	0,242	0,250	0,257	0,263	0,272	0,279	0,280	0,289	0,295	0,305	0,306	0,310	0,312	0,313	0,315	0,318	0,319	0,321	0,322	0,325	0,325	0,326
<b>C-5</b>	0,030	0,066	0,098	0,134	0,182	0,203	0,217	0,236	0,247	0,254	0,265	0,274	0,280	0,281	0,288	0,296	0,304	0,307	0,308	0,314	0,315	0,317	0,317	0,319	0,322	0,321	0,322	0,326	0,327
<b>C-6</b>	0,029	0,062	0,094	0,133	0,192	0,206	0,222	0,238	0,251	0,259	0,266	0,270	0,277	0,279	0,291	0,296	0,301	0,307	0,309	0,315	0,317	0,318	0,321	0,321	0,322	0,322	0,323	0,325	0,327
<b>C-7</b>	0,027	0,054	0,084	0,124	0,195	0,209	0,228	0,241	0,252	0,258	0,264	0,271	0,278	0,280	0,288	0,295	0,303	0,304	0,307	0,317	0,317	0,318	0,320	0,320	0,321	0,321	0,322	0,325	0,328
<b>C-8</b>	0,028	0,057	0,083	0,125	0,183	0,199	0,219	0,238	0,253	0,260	0,267	0,272	0,279	0,281	0,295	0,298	0,302	0,302	0,305	0,318	0,318	0,318	0,319	0,320	0,323	0,322	0,324	0,324	0,328
<b>MÉDIA</b>	0,028	0,059	0,089	0,130	0,189	0,203	0,222	0,238	0,250	0,256	0,264	0,271	0,278	0,279	0,291	0,296	0,303	0,306	0,308	0,315	0,316	0,317	0,319	0,320	0,322	0,322	0,324	0,325	0,327
<b>DP</b>	0,002	0,004	0,005	0,004	0,004	0,003	0,003	0,004	0,003	0,004	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>CV (%)</b>	7,84	7,30	5,86	3,11	2,30	1,65	1,56	1,55	1,25	1,51	1,09	0,82	0,83	0,64	0,76	0,37	0,43	0,59	0,45	0,63	0,50	0,33	0,41	0,27	0,27	0,22	0,35	0,29	0,44

Tabela 8 – Resultados da movimentação superficial da série 40.AM.30

DIAS	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
<b>C-1</b>	0,030	0,040	0,082	0,104	0,176	0,230	0,272	0,285	0,299	0,320	0,325	0,337	0,349	0,358	0,363	0,374	0,381	0,390	0,395	0,398	0,405	0,409	0,413	0,417	0,426	0,426	0,426	0,426	0,426
<b>C-2</b>	0,035	0,045	0,087	0,106	0,175	0,242	0,262	0,270	0,289	0,298	0,342	0,354	0,359	0,364	0,367	0,377	0,382	0,389	0,396	0,402	0,409	0,414	0,418	0,424	0,428	0,428	0,428	0,428	0,428
<b>C-3</b>	0,032	0,039	0,091	0,104	0,173	0,243	0,278	0,280	0,288	0,300	0,345	0,356	0,358	0,369	0,373	0,389	0,391	0,398	0,399	0,403	0,405	0,412	0,417	0,419	0,423	0,423	0,423	0,423	0,423
<b>C-4</b>	0,029	0,032	0,065	0,108	0,165	0,201	0,289	0,293	0,297	0,303	0,334	0,349	0,356	0,366	0,377	0,385	0,390	0,399	0,401	0,404	0,408	0,413	0,419	0,425	0,427	0,427	0,427	0,427	0,427
<b>C-5</b>	0,035	0,043	0,086	0,101	0,180	0,239	0,298	0,299	0,302	0,305	0,328	0,332	0,353	0,355	0,363	0,372	0,387	0,391	0,399	0,402	0,407	0,416	0,421	0,423	0,428	0,428	0,428	0,428	0,428
<b>C-6</b>	0,017	0,029	0,083	0,109	0,171	0,213	0,278	0,297	0,303	0,307	0,327	0,337	0,345	0,360	0,362	0,373	0,386	0,385	0,391	0,401	0,409	0,417	0,421	0,425	0,429	0,429	0,429	0,429	0,429
<b>C-7</b>	0,021	0,035	0,092	0,111	0,169	0,220	0,274	0,289	0,299	0,309	0,328	0,339	0,348	0,355	0,361	0,376	0,388	0,394	0,398	0,405	0,409	0,413	0,422	0,425	0,426	0,426	0,426	0,426	0,426
<b>C-8</b>	0,026	0,041	0,086	0,120	0,170	0,197	0,275	0,294	0,307	0,310	0,329	0,331	0,352	0,358	0,360	0,379	0,382	0,394	0,400	0,402	0,412	0,416	0,422	0,426	0,429	0,429	0,429	0,429	0,429
<b>MÉDIA</b>	0,028	0,038	0,084	0,108	0,172	0,223	0,278	0,288	0,298	0,307	0,332	0,342	0,353	0,361	0,366	0,378	0,386	0,393	0,397	0,402	0,408	0,414	0,419	0,423	0,427	0,427	0,427	0,427	0,427
<b>DP</b>	0,006	0,005	0,008	0,005	0,004	0,017	0,010	0,009	0,006	0,006	0,007	0,009	0,005	0,005	0,006	0,006	0,004	0,004	0,003	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
<b>CV (%)</b>	21,51	13,61	9,37	5,07	2,53	7,66	3,68	3,15	2,08	2,10	2,09	2,67	1,32	1,34	1,58	1,49	0,93	1,12	0,76	0,49	0,53	0,59	0,69	0,72	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44

## APÊNDICE B – RESULTADOS MÉDIOS DA PERDA DE ÁGUA DAS ARGAMASSAS

Tabela 1 – Resultados do ensaio de perda de água por evaporação da argamassa aditivada.

ARGAMASSA ADITIVADA - AA					
Minutos	Massa inicial conjunto (g)	Massa da forma (g)	Massa conjunto lida (g)	Massa argamassa (g)	Perda de água (%)
1	2541,42	113,03	2541,27	2428,39	0,01
2	2541,42	113,03	2540,06	2428,39	0,06
3	2541,42	113,03	2539,85	2428,39	0,06
4	2541,42	113,03	2539,60	2428,39	0,07
5	2541,42	113,03	2539,14	2428,39	0,09
10	2541,42	113,03	2539,04	2428,39	0,10
20	2541,42	113,03	2538,80	2428,39	0,11
25	2541,42	113,03	2538,20	2428,39	0,13
30	2541,42	113,03	2537,85	2428,39	0,15
40	2541,42	113,03	2537,23	2428,39	0,17
50	2541,42	113,03	2536,77	2428,39	0,19
60	2541,42	113,03	2536,15	2428,39	0,22
75	2541,42	113,03	2535,64	2428,39	0,24
90	2541,42	113,03	2534,23	2428,39	0,30
105	2541,42	113,03	2533,15	2428,39	0,34
120	2541,42	113,03	2532,32	2428,39	0,37
150	2541,42	113,03	2531,21	2428,39	0,42
180	2541,42	113,03	2530,15	2428,39	0,46
240	2541,42	113,03	2529,33	2428,39	0,50
300	2541,42	113,03	2525,02	2428,39	0,68
360	2541,42	113,03	2520,47	2428,39	0,86
1440	2541,42	113,03	2515,58	2428,39	1,06
2880	2541,42	113,03	2515,58	2428,39	1,06
4320	2541,42	113,03	2515,58	2428,39	1,06
5760	2541,42	113,03	2515,58	2428,39	1,06
7200	2541,42	113,03	2515,58	2428,39	1,06
8640	2541,42	113,03	2515,58	2428,39	1,06
10080	2541,42	113,03	2515,58	2428,39	1,06

Tabela 2 – Resultados do ensaio de perda de água por evaporação da argamassa mista.

<b>ARGAMASSA MISTA - AM</b>					
Minutos	Massa inicial conjunto (g)	Massa da forma (g)	Massa conjunto lida (g)	Massa argamassa (g)	Perda de água (%)
1	2702,89	111,67	2702,60	2591,22	0,01
2	2702,89	111,67	2702,35	2591,22	0,02
3	2702,89	111,67	2702,28	2591,22	0,02
4	2702,89	111,67	2702,15	2591,22	0,03
5	2702,89	111,67	2700,45	2591,22	0,09
10	2702,89	111,67	2700,40	2591,22	0,10
20	2702,89	111,67	2700,01	2591,22	0,11
25	2702,89	111,67	2698,26	2591,22	0,18
30	2702,89	111,67	2697,11	2591,22	0,22
40	2702,89	111,67	2696,21	2591,22	0,26
50	2702,89	111,67	2695,42	2591,22	0,29
60	2702,89	111,67	2694,38	2591,22	0,33
75	2702,89	111,67	2693,12	2591,22	0,38
90	2702,89	111,67	2692,39	2591,22	0,41
105	2702,89	111,67	2690,12	2591,22	0,49
120	2702,89	111,67	2689,67	2591,22	0,51
150	2702,89	111,67	2687,39	2591,22	0,60
180	2702,89	111,67	2683,87	2591,22	0,73
240	2702,89	111,67	2680,54	2591,22	0,86
300	2702,89	111,67	2676,98	2591,22	1,00
360	2702,89	111,67	2672,31	2591,22	1,18
1440	2702,89	111,67	2670,02	2591,22	1,27
2880	2702,89	111,67	2670,02	2591,22	1,27
4320	2702,89	111,67	2670,02	2591,22	1,27
5760	2702,89	111,67	2670,02	2591,22	1,27
7200	2702,89	111,67	2670,02	2591,22	1,27
8640	2702,89	111,67	2670,02	2591,22	1,27
10080	2702,89	111,67	2670,02	2591,22	1,27

## APÊNDICE C – RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

Tabela 1 – Resultados do ensaio da série 30.AA.15.

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - NBR 13528/2010														
DADOS:														
Argamassa Aditivada														
CP - 30.AA.15														
DATA DO ENSAIO:														
LOCAL: Laboratório de Materiais de Construção da UNAMA.														
SUBSTRATO: Concreto fck 30														
IDADE: 60 dias														
Corpo de prova				Local do Ensaio		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)						
Nº	d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Bloco			Junta	Sub.	Sub./Chap.	Chap.	Chap./Arg.	Arg.	Arg./Cola
1	50	50	50	1962,5	X		657	0,33					100	
2	50	50	50	1962,5	X		702	0,36				70	30	
3	50	50	50	1962,5	X		679	0,35				60	40	
4	50	50	50	1962,5	X		632	0,32					100	
5	50	50	50	1962,5	X		598	0,30				10	90	
6	50	50	50	1962,5	X		603	0,31				100		
7	50	50	50	1962,5	X		564	0,29				20	80	
8	50	50	50	1962,5	X		654	0,33					100	
9	50	50	50	1962,5	X		499	0,25				100		
10	50	50	50	1962,5	X		532	0,27		100				
11	50	50	50	1962,5	X		715	0,36					100	
12	50	50	50	1962,5	X		732	0,37					100	
MÉDIA							0,32							
DESVIO PADRÃO							0,04							
C. VARIAÇÃO (%)							0,12							

Tabela 2 – Resultados do ensaio da série 30.AA.30.

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - NBR 13528/2010															
Argamassa Aditivada															
CP - 30.AA.30															
DATA DO ENSAIO:															
LOCAL: Laboratório de Materiais de Construção da UNAMA.															
SUBSTRATO: Concreto fck 30															
IDADE: 60 dias															
Corpo de prova					Local do Ensaio		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)						
Nº	d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Bloco	Junta			Sub.	Sub./Chap.	Chap.	Chap./Arg.	Arg.	Arg./Cola	Cola/Past.
1	50	50	50	1962,5	X		647	0,33					100		
2	50	50	50	1962,5	X		543	0,28		100					
3	50	50	50	1962,5	X		684	0,35				30	70		
4	50	50	50	1962,5	X		735	0,37					100		
5	50	50	50	1962,5	X		623	0,32					100		
6	50	50	50	1962,5	X		684	0,35				40	60		
7	50	50	50	1962,5	X		598	0,30				70	30		
8	50	50	50	1962,5	X		623	0,32					100		
9	50	50	50	1962,5	X		645	0,33					100		
10	50	50	50	1962,5	X		619	0,32				100			
11	50	50	50	1962,5	X		702	0,36					100		
12	50	50	50	1962,5	X		679	0,35				20	80		
MÉDIA								0,33							
DESVIO PADRÃO								0,03							
C. VARIAÇÃO (%)								0,08							

Tabela 3 – Resultados do ensaio da série 30.AM.15.

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - NBR 13528/2010														
Argamassa Mista														
CP - 30.AM.15														
DATA DO ENSAIO:														
LOCAL: Laboratório de Materiais de Construção da UNAMA.														
SUBSTRATO: Concreto fck 30														
IDADE: 60 dias														
Corpo de prova				Local do Ensaio		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)						
Nº	d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Bloco			Junta	Sub.	Sub./Chap.	Chap.	Chap./Arg.	Arg.	Arg./Cola
1	50	50	50	1962,5	X		905	0,46					100	
2	50	50	50	1962,5	X		896	0,46					100	
3	50	50	50	1962,5	X		880	0,45					100	
4	50	50	50	1962,5	X		915	0,47					100	
5	50	50	50	1962,5	X		796	0,41				20	80	
6	50	50	50	1962,5	X		834	0,42				70	30	
7	50	50	50	1962,5	X		883	0,45				20	80	
8	50	50	50	1962,5	X		821	0,42				100		
9	50	50	50	1962,5	X		904	0,46					100	
10	50	50	50	1962,5	X		743	0,38				80	20	
11	50	50	50	1962,5	X		504	0,26		100				
12	50	50	50	1962,5	X		899	0,46					100	
MÉDIA							0,42							
DESVIO PADRÃO							0,06							
C. VARIAÇÃO (%)							0,14							

Tabela 4 – Resultados do ensaio da série 30.AM.30.

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - NBR 13528/2010														
Argamassa Mista														
CP - 30.AM.30														
DATA DO ENSAIO:														
LOCAL: Laboratório de Materiais de Construção da UNAMA.														
SUBSTRATO: Concreto fck 30														
IDADE: 60 dias														
Corpo de prova				Local do Ensaio		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)						
Nº	d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	Área (mm²)	Bloco			Junta	Sub.	Sub./Chap.	Chap.	Chap./Arg.	Arg.	Arg./Cola
1	50	50	50	1962,5	X		801	0,41				30	70	
2	50	50	50	1962,5	X		766	0,39					100	
3	50	50	50	1962,5	X		833	0,42					100	
4	50	50	50	1962,5	X		784	0,40					100	
5	50	50	50	1962,5	X		697	0,36				80	20	
6	50	50	50	1962,5	X		822	0,42					100	
7	50	50	50	1962,5	X		754	0,38					100	
8	50	50	50	1962,5	X		738	0,38					100	
9	50	50	50	1962,5	X		765	0,39					100	
10	50	50	50	1962,5	X		789	0,40					100	
11	50	50	50	1962,5	X		778	0,40					100	
12	50	50	50	1962,5	X		853	0,43					100	
MÉDIA							0,40							
DESVIO PADRÃO							0,02							
C. VARIAÇÃO (%)							0,05							

Tabela 5 – Resultados do ensaio da série 40.AA.15.

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - NBR 13528/2010															
Argamassa Aditivada															
CP - 40.AA.15															
LOCAL: Laboratório de Materiais de Construção da UNAMA.															
SUBSTRATO: Concreto fck 30															
IDADE: 60 dias															
Corpo de prova				Local do Ensaio		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)							
Nº	d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Bloco			Junta	Sub.	Sub./Chap.	Chap.	Chap./Arg.	Arg.	Arg./Cola	Cola/Past.
1	50	50	50	1962,5	X		659	0,34					100		
2	50	50	50	1962,5	X		654	0,33					100		
3	50	50	50	1962,5	X		701	0,36					100		
4	50	50	50	1962,5	X		693	0,35					100		
5	50	50	50	1962,5	X		645	0,33				80	20		
6	50	50	50	1962,5	X		601	0,31				20	80		
7	50	50	50	1962,5	X		654	0,33					100		
8	50	50	50	1962,5	X		698	0,36					100		
9	50	50	50	1962,5	X		612	0,31				20	80		
10	50	50	50	1962,5	X		703	0,36					100		
11	50	50	50	1962,5	X		675	0,34					100		
12	50	50	50	1962,5	X		634	0,32					100		
MÉDIA							0,34								
DESVIO PADRÃO							0,02								
C. VARIAÇÃO (%)							0,05								

Tabela 6 – Resultados do ensaio da série 40.AA.30.

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - NBR 13528/2010														
Argamassa Aditivada														
CP - 40.AA.30														
LOCAL: Laboratório de Materiais de Construção da UNAMA.														
SUBSTRATO: Concreto fck 30														
IDADE: 60 dias														
Corpo de prova				Local do Ensaio		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)						
Nº	d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	Área (mm²)	Bloco			Junta	Sub.	Sub./Chap.	Chap.	Chap./Arg.	Arg.	Arg./Cola
1	50	50	50	1962,5	X		592	0,30				100		
2	50	50	50	1962,5	X		574	0,29					100	
3	50	50	50	1962,5	X		579	0,30					100	
4	50	50	50	1962,5	X		589	0,30				80	20	
5	50	50	50	1962,5	X		599	0,31					100	
6	50	50	50	1962,5	X		623	0,32					100	
7	50	50	50	1962,5	X		589	0,30					100	
8	50	50	50	1962,5	X		576	0,29				100		
9	50	50	50	1962,5	X		599	0,31				20	80	
10	50	50	50	1962,5	X		623	0,32				70	30	
11	50	50	50	1962,5	X		568	0,29		100				
12	50	50	50	1962,5	X		576	0,29					100	
MÉDIA							0,30							
DESVIO PADRÃO							0,01							
C. VARIAÇÃO (%)							0,03							

Tabela 7 – Resultados do ensaio da série 40.AM.15.

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - NBR 13528/2010														
Argamassa Mista														
CP - 40.AM.15														
LOCAL: Laboratório de Materiais de Construção da UNAMA.														
SUBSTRATO: Concreto fck 30														
IDADE: 60 dias														
Corpo de prova				Local do Ensaio		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)						
Nº	d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	Área (mm²)	Bloco			Junta	Sub.	Sub./Chap.	Chap.	Chap./Arg.	Arg.	Arg./Cola
1	50	50	50	1962,5	X		892	0,45					100	
2	50	50	50	1962,5	X		901	0,46					100	
3	50	50	50	1962,5	X		884	0,45					100	
4	50	50	50	1962,5	X		912	0,46					100	
5	50	50	50	1962,5	X		781	0,40		100				
6	50	50	50	1962,5	X		835	0,43				80	20	
7	50	50	50	1962,5	X		932	0,47					100	
8	50	50	50	1962,5	X		894	0,46				30	70	
9	50	50	50	1962,5	X		745	0,38		100				
10	50	50	50	1962,5	X		852	0,43				50	50	
11	50	50	50	1962,5	X		871	0,44					100	
12	50	50	50	1962,5	X		902	0,46				40	60	
MÉDIA							0,44							
DESVIO PADRÃO							0,03							
C. VARIAÇÃO (%)							0,06							

Tabela 7 – Resultados do ensaio da série 40.AM.30.

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - NBR 13528/2010														
Argamassa Mista														
CP - 40.AM.30														
LOCAL: Laboratório de Materiais de Construção da UNAMA.														
SUBSTRATO: Concreto fck 30														
IDADE: 60 dias														
Corpo de prova					Local do Ensaio		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)					
Nº	d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Bloco	Junta			Sub.	Sub./Chap.	Chap.	Chap./Arg.	Arg.	Arg./Cola
1	50	50	50	1962,5	X		784	0,40				50	50	
2	50	50	50	1962,5	X		699	0,36					100	
3	50	50	50	1962,5	X		803	0,41					100	
4	50	50	50	1962,5	X		784	0,40					100	
5	50	50	50	1962,5	X		752	0,38				80	20	
6	50	50	50	1962,5	X		728	0,37				30	70	
7	50	50	50	1962,5	X		674	0,34		30	70			
8	50	50	50	1962,5	X		629	0,32		100				
9	50	50	50	1962,5	X		734	0,37				100		
10	50	50	50	1962,5	X		729	0,37					100	
11	50	50	50	1962,5	X		812	0,41				50	50	
12	50	50	50	1962,5	X		704	0,36					100	
MÉDIA								0,38						
DESVIO PADRÃO								0,03						
C. VARIAÇÃO (%)								0,07						