

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ALINE HERMANN
JOAO PEDRO DE ALMEIDA ROCHA**

**PESQUISA DE VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DA ARGAMASSA
ESTABILIZADA MODIFICADA PARA REVESTIMENTO SEM A
NECESSIDADE DE APLICAÇÃO DO CHAPISCO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PATO BRANCO
2013**

ALINE HERMANN
JOÃO PEDRO DE ALMEIDA ROCHA

**PESQUISA DE VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DA ARGAMASSA ESTABILIZADA
MODIFICADA PARA REVESTIMENTO SEM A NECESSIDADE DE APLICAÇÃO DO
CHAPISCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco.

Orientador: Prof. Dr. Mario Arlindo Paz Irrigaray

PATO BRANCO

2013



TERMO DE APROVAÇÃO

PESQUISA DA VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DA ARGAMASSA ESTABILIZADA MODIFICADA PARA REVESTIMENTO SEM A NECESSIDADE DE APLICAÇÃO DO CHAPISCO

ALINE HERMANN

e

JOÃO PEDRO DE ALMEIDA ROCHA

Aos 13 dias do mês de março do ano de 2013, às 8:15 horas, na sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado e, após arguição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR-PB, conforme Ata de Defesa Pública nº 01-TCC/2013.

Orientador: Prof. Dr. MARIO ARLINDO PAZ IRRIGARAY (COECI / UTFPR-PB)

Membro 1 da banca: Prof.^(a) Dr.^(a) HELOIZA A. PIASSA BENETTI (COECI / UTFPR-PB)

Membro 2 da banca: Prof. Msc. JAIRO TROMBETTA (COECI / UTFPR-PB)

Agradecemos a Deus por tornar possível a realização de mais este objetivo, aos nossos pais pela vida e formação e aos amigos pelo apoio e carinho. Muito obrigado.

AGRADECIMENTOS

Ao professor e Me. Cleovir José Milani pelo fornecimento de materiais e mão de obra necessários a execução dos ensaios realizados e aqui apresentados. Agradecemos também pela visão prática da realidade de obra compartilhada por ele e muito importante para o desenvolvimento deste trabalho.

A construtora Monte Sião, em especial as Engenheira Thais Fiorentim por colocar a disposição a mão de obra necessária para execução dos ensaios necessários a este trabalho de conclusão de curso.

Ao professor e doutor Mario Arlindo Paz Irrigaray pela orientação e auxílio teórico na confecção deste trabalho.

Ao Engenheiro Luiz Alberto Trevisol Filho pelo material repassado sobre o conteúdo e todo o auxílio e orientação com relação aos ensaios realizados nesta pesquisa.

À indústria Rheoset, em especial aos Engenheiros Denis Weidmann e Rômulo Machado pelo fornecimento dos aditivos e das especificações técnicas necessárias ao aprimoramento deste trabalho.

À indústria Maxchem, pelo fornecimento dos aditivos retardadores de pega e incorporadores de ar.

Aos professores da banca, Prof. (a) Dr.(a) Heloiza Aparecida Piassa Benetti e Prof. Msc. Jairo Trombetta pela paciência e tempo gastos com a leitura e avaliação deste trabalho.

À todos os amigos e conhecidos que de alguma forma colaboram para realização deste trabalho, incluindo os amigos que compreenderam a nossa ausência e falta de tempo, aos pais que nos auxiliaram financeiramente e emocionalmente e aos chefes que entenderam nossa dispersão e faltas.

A nós mesmos pelo companheirismo, ajuda e paciência ao longo de todo o processo de elaboração deste trabalho. Se não fosse por nosso conhecimento, empenho e dedicação nada disto teria se concretizado.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou, sobre aquilo que todo mundo vê.”

Arthur Schopenhauer.

RESUMO

HERMANN, Aline; e ROCHA, João Pedro de Almeida. Pesquisa de Viabilidade da Utilização da Argamassa Estabilizada Modificada para Revestimento sem a Necessidade de Aplicação do Chapisco. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR. Pato Branco, 2013.

No Brasil, a indústria da construção civil vem apresentando crescimento significativo nos últimos anos. Com isso alguns problemas já existentes na área acabaram sendo maximizados. A falta de mão de obra especializada, por exemplo, é um dos principais problemas encontrados. Além disso, produtos e serviços tradicionais estão sendo substituídos por outros novos e de melhor desempenho. Dentro deste contexto, este trabalho apresenta estudo de viabilidade técnica e econômica da aplicação direta, sobre a alvenaria de blocos cerâmicos em “osso”, da argamassa estabilizada modificada com aditivo promotor de aderência, a base de copolímeros. O objetivo é avaliar a viabilidade da aplicação da argamassa de emboço, sem a realização da camada de chapisco. Para tanto, fez-se necessário aprimorar as propriedades da argamassa estabilizada mantendo o foco ao atendimento dos requisitos estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, descritos na NBR 13281 - argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – requisitos (ASSOCIAÇÃO..., 2005d). Conseqüentemente, fez-se necessário estudo do comportamento desta “nova” argamassa tanto no estado fresco como no estado endurecido. Por outro lado, havia a necessidade de comparar seu desempenho com a argamassa estabilizada comumente utilizada. Durante o estudo das propriedades desta “nova” argamassa no estado fresco foi necessário, inicialmente, determinar a quantidade de água de amassamento capaz de promover um espalhamento próximo de 250 mm empregando-se apenas cimento e areia no traço 1: 5,75. Com o traço inicial, verificou-se o comportamento desta argamassa com adição de aditivo incorporador de ar e estabilizador. As porcentagens destas adições que propiciaram a melhor consistência e trabalhabilidade, com o passar do tempo, foram utilizadas para compor a primeira argamassa de referência (Ref.1). A etapa seguinte foi determinar a percentagem ótima de aditivo adesivo a ser adicionado na argamassa, juntamente com a diminuição do incremento de aditivo incorporador de ar, e assim, obter-se a “nova” argamassa (Ref.2). Para validar a proposta foram realizados, nas argamassas de referência, vários ensaios, dentre eles, índice de consistência, perda de consistência, absorção, retenção de água, densidade de massa, teor de ar incorporado, resistência à tração e à compressão. Os resultados mostram que, em relação ao teor de ar incorporado e ao espalhamento, ambas as argamassas apresentaram resultados dentro dos limites definidos em norma e dos utilizados regionalmente. Na retenção de água e na resistência à compressão, a argamassa de referência com polímero, (Ref.2), obteve melhor resultado. Com relação aos resultados de resistência de aderência, foi avaliada as argamassas Ref.1 e Ref.2 aplicadas sobre o chapisco e diretamente sobre o substrato. Os resultados mostram que as duas podem ser aplicadas nas formas descritas sem prejuízo à aderência, sendo que as tensões de tração encontradas em todos os casos foram maiores que o mínimo estabelecido em norma. Comparando-se as misturas aplicadas sobre o chapisco e diretamente sobre a alvenaria, a Ref.2 apresentou maior resistência que a Ref.1 nos dois casos, sendo que na aplicação direta houve uma diferença maior entre a aderência fornecida pela Ref.2 se comparada a Ref.1.

Palavras-chave: Argamassa Estabilizada. Copolímero. Adição. Ensaio. Análise.

ABSTRACT

HERMANN, Aline; e ROCHA, João Pedro de Almeida. Feasibility study of the use of modified stabilized mortar for coating without rough cast. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR. Pato Branco, 2013.

In Brazil, the construction industry has shown significant growth in recent years. Thus some problems existing in the area ended up being maximized. The lack of skilled labor, for example, is one of the main problems encountered. Moreover, traditional products and services are being replaced by new and better performance. Within this context, this paper presents the study of technical and economic feasibility of the application directly on the masonry ceramic bricks in "bone" stabilized mortar modified with adhesion promoter additive, the base copolymers. The objective is to evaluate the feasibility of applying plaster mortar, without conducting layer roughcast. Therefore, it was necessary to enhance the properties of the mortar holding steady focus upon satisfying the requirements established by the Brazilian Association of Technical Standards, described in NBR 13281 - Mortar for laying and covering walls and ceilings - requirements (ASSOCIAÇÃO. .. 2005d). Consequently, it was necessary to study the behavior of this "new" mortar both in fresh and hardened state. On the other hand, there was the need to compare its performance with the mortar stabilized commonly used. During the study of the properties of this "new" mortar in the fresh state it was first necessary to determine the quantity of mixing water can promote scattering around 250 mm employing cement and sand only in trace 1: 5.75. With the initial stroke, it was found that the behavior of mortar with addition of air-entraining additive and stabilizer. The percentages of these additions that provided the best consistency and workability over time, were used to compose the first reference mortar (Ref.1). The next step was to determine the optimum percentage of additive to be added to the adhesive mortar, along with decreasing increment of entraining air, and thus obtain a "new" mortar (Ref.2). To validate the proposal were made in reference mortars, several essays, including, consistency index, loss of firmness, absorption, water retention, bulk density, air content embedded, tensile and compression. The results show that, compared to the amount of incorporated air and scattering, both the mortars had results within the limits defined in the standard and used regionally. The water retention and compressive strength of the mortar with reference polymer, (Ref.2) gave the best result. Regarding the results of bond strength was evaluated mortars Ref.1 and Ref.2 applied to the roughcast and directly on the substrate. The results show that both can be applied in the ways outlined subject to adhesion, and the tensile stresses encountered in all cases were greater than the minimum established norm. Comparing the mixtures were applied to the roughcast and directly on the masonry, the Ref.2 showed greater resistance than Ref.1 in both cases, and the direct application there was a greater difference between the grip provided by Ref.2 compared the Ref.1

Keywords: Stabilized Mortar. Copolymer. Addition. Test. Analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Camadas dos revestimentos de Argamassa.....	22
Figura 2 - Ancoragem da argamassa na base.	29
Figura 3 – (a) Argamassa com boa aderência inicial; (b) Perda de aderência inicial por descontinuidade da argamassa.	30
Figura 4 - Mecanismo da Fissura.....	31
Figura 5: Fluxograma dos processos para argamassa mista preparada em obra	41
Figura 6: Fluxograma dos processos para argamassa estabilizada	42
Figura 7: Fluxograma das etapas da pesquisa.....	46
Figura 8: Curva granulométrica da areia utilizada na pesquisa.	52
Figura 9: Equipamento para determinação do Índice de Retenção de água.	57
Figura 10 - Esquema de equipamento de arrancamento à tração.....	62
Figura 11: Análise do teor de ar incorporado da argamassa com a adição de incorporador de ar.	65
Figura 12: Análise da densidade de massa da argamassa com a adição de incorporador de ar.	65
Figura 13: Análise do espalhamento da argamassa com a adição de incorporador de ar....	66
Figura 14: Adição de incorporador de ar - Aparência das argamassas.	67
Figura 15: Análise do teor de ar incorporado da argamassa com a adição de estabilizador. 68	
Figura 16: Análise da densidade de massa da argamassa com a adição de estabilizador. . 69	
Figura 17: Análise do espalhamento da argamassa com a adição de estabilizador.	69
Figura 18: Análise do teor de ar incorporado da argamassa com aumento da adição de estabilizador e 0,4% de incorporador de ar.	70
Figura 19: Análise da densidade de massa da argamassa com a adição de estabilizador e 0,4% de incorporador de ar.....	71
Figura 20: Análise do espalhamento da argamassa com a adição de estabilizador e 0,4% de incorporador de ar.	71
Figura 21: Adição de estabilizador com 0,4% de incorporador de ar - Aparência das argamassas.	72
Figura 22: Análise do espalhamento das argamassas com 0,4% de teor de ar incorporado e diferentes teores de estabilizador ao longo do tempo.	73
Figura 23: Análise do teor de ar incorporado das argamassas com 0,4% de teor de ar incorporado e diferentes teores de estabilizador ao longo do tempo.....	74
Figura 24: Análise do espalhamento, com e sem a adição de estabilizador e diferentes relações a/c.	76

Figura 25: Análise do teor de ar incorporado, com e sem a adição de estabilizador e diferentes relações a/c.....	77
Figura 26: Análise do teor de ar incorporado com adição de polímero com diferentes teores de água.....	79
Figura 27: Análise do espalhamento com adição de polímero com diferentes teores de água.	80
Figura 28: Curvas de ar incorporado nas argamassas de referência comparadas com os limites usuais e os normatizados.	81
Figura 29: Curvas de perda de consistência nas argamassas de referência comparadas com os limites usuais e os normatizados.....	82
Figura 30: Espalhamento da Ref.1 com o passar das horas.....	83
Figura 31: Espalhamento da Ref.2 com o passar das horas.....	83
Figura 32: Resistência a Compressão das argamassas de referência.....	85
Figura 33: Ensaio de tração – argamassa de referência sem polímero e sem execução do chapisco.	88
Figura 34: Ensaio de tração – argamassa de referência com polímero e sem execução do chapisco.	89
Figura 35: Ensaio de tração – argamassa de referência sem polímero e com execução do chapisco.	90
Figura 36: Ensaio de tração – argamassa de referência com polímero e com execução do chapisco.	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Espessura das argamassas de revestimento.....	24
Tabela 2 - Fatores internos e externos que influenciam na consistência da argamassa	27
Tabela 3 - Nível de exigência das propriedades do revestimento de argamassa.....	32
Tabela 4 - Limites da resistência de aderência à tração	33
Tabela 5 - Exigências Reológicas e Mecânicas das Argamassas.....	35
Tabela 6: características do cimento CP II F 32.....	50
Tabela 7: Ensaio de granulometria da areia utilizada na pesquisa.....	51
Tabela 8: Características Técnicas do aditivo incorporador de ar.	54
Tabela 9: Características Técnicas do aditivo retardador de pega.....	54
Tabela 10: Características Técnicas do copolímero.....	55
Tabela 11: Taxas de carregamento para corpos-de-prova submetidos à tração	62
Tabela 12: Propriedades da argamassa com a adição de incorporador de ar.....	64
Tabela 13: Propriedades da argamassa com adição de estabilizador.....	68
Tabela 14: Propriedades da argamassa com adição de estabilizador, com um incremento de 0,4% de inc. de ar.	70
Tabela 15: Análise da adição de estabilizador (inc. de ar: 0,4%) ao longo do tempo.	73
Tabela 16: Traço unitário (em massa) da primeira argamassa de referência	74
Tabela 17: Adição de polímero com e sem a adição de estabilizador.	75
Tabela 18: Adição de polímero com diferentes teores de água em argamassas com 0,6% de aditivo.	78
Tabela 19: Traço unitário (em massa) das argamassas ensaiadas.....	80
Tabela 20: Densidade de massa das argamassas de referência.....	84
Tabela 21: Resistência à compressão das argamassas de referência.....	84
Tabela 22: Espalhamento das argamassas no ensaio de retenção de água (0 e 24 Horas).85	
Tabela 23: Índice de retenção de água nas argamassas de referência a 0 e 24 horas.	86
Tabela 24: Tensão de aderência das argamassas de Ref.1 e Ref.2 aplicadas sobre chapisco e sobre a alvenaria.	87

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVO GERAL	17
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.3	JUSTIFICATIVA	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1	HISTÓRICO DA ARGAMASSA	20
2.2	REVESTIMENTO ARGAMASSADO	20
2.2.1	Camadas do Revestimento Argamassado	21
2.2.1.1	Chapisco	22
2.2.1.2	Emboço	23
2.2.1.3	Reboco	24
2.2.2	Propriedades da Argamassa de Revestimento	25
2.2.2.1	Propriedades da Argamassa no Estado Fresco	25
2.2.2.1.1	Massa Específica e Teor de Ar Incorporado	25
2.2.2.1.2	Trabalhabilidade e Consistência	26
2.2.2.1.3	Retenção de Água	27
2.2.2.1.4	Aderência Inicial	28
2.2.2.1.5	Retração na Secagem	30
2.2.2.2	Propriedades da Argamassa no Estado Endurecido	32
2.2.2.2.1	Aderência	32
2.2.2.2.2	Capacidade de Absorver Deformações	33
2.2.2.2.3	Resistência Mecânica	34
2.2.2.2.4	Permeabilidade	35
2.2.2.2.5	Durabilidade	35
2.3	ARGAMASSA DOSADA EM CENTRAL	36
2.3.1	Dados Estatísticos	36
2.3.2	Histórico	37
2.3.3	Argamassa Estabilizada	37
2.3.3.1	Composição	38
2.3.3.1.1	Aditivos estabilizadores de hidratação	38
2.3.3.1.2	Plastificantes	39
2.3.3.1.3	Água	39
2.3.3.1.4	Aditivos incorporadores de ar	40
2.3.3.2	Aplicações	41

2.3.3.3 Vantagens	41
2.3.3.4 Desvantagens	43
2.3.3.5 Recomendações	43
2.4 ADITIVOS A BASE DE COPOLÍMEROS (ADITIVOS ADESIVOS)	44
3 METODOLOGIA	46
3.1 MATERIAIS.....	50
3.1.1 Cimento	50
3.1.2 Areia	50
3.1.2.1 Dimensão Máxima Característica e Módulo de Finura.....	52
3.1.2.2 Material Pulverulento.....	53
3.1.3 Aditivo incorporador de ar	53
3.1.4 Aditivo retardador de pega.....	54
3.1.5 Aditivo adesivo (copolímero).....	55
3.2 MÉTODOS	55
3.2.1 Índice de consistência e perda de consistência	55
3.2.2 Retenção de água.....	56
3.2.3 Densidade de massa e teor de ar incorporado.....	58
3.2.4 Resistência à compressão	59
3.2.5 Aderência – arrancamento à tração	60
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	64
4.1 ADIÇÃO DE INCORPORADOR DE AR.....	64
4.2 ADIÇÃO DE ESTABILIZADOR.....	67
4.3 ADIÇÃO DE ESTABILIZADOR -INCORPORADOR. DE AR:0,4%.....	70
4.4 ANÁLISE DA ADIÇÃO DE ESTABILIZADOR (INC. DE AR:0,4%) AO LONGO DO TEMPO.	72
4.5 ADIÇÃO DE COPOLIMERO COM E SEM A ADIÇÃO DO ESTABILIZADOR	75
4.6 ADIÇÃO DE POLIMERO COM DIFERENTES TEORES DE ÁGUA EM ARGAMASSA COM 0,6% DE ADITIVO ESTABILIZADOR.....	77
4.7 ANÁLISE DAS ARGAMASSAS DE REFERÊNCIA	80
4.8 DENSIDADE DE MASSA.....	84
4.9 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO.....	84
4.10 CAPACIDADE DE RETENÇÃO.....	85
4.11 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DE ARRACAMENTO	87
4.12 COMPARATIVO ENTRE A DIFERENÇA DE CUSTO ENTRE AS ARGAMASSAS DE REF.1 E REF.2	92
5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS	93

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a indústria da construção civil vem apresentando crescimento significativo, principalmente devido à tentativa de suprir os insuficientes investimentos em infraestrutura e habitação, ocorridos nas últimas décadas. Além disso, aproximam-se os eventos da Copa do Mundo em 2014, e das Olimpíadas em 2016. Ambos, eventos de grande porte que demandam de uma estrutura específica, como estádios de futebol, quadras esportivas, aeroportos, estruturas rodoviárias, hotéis, shoppings e estacionamentos.

Segundo Melo (2009), o momento é de oportunidade para a expansão de vários setores. Esse cenário, além de atender a essa demanda específica, poderá resolver problemas históricos. Hoje, não existe uma infraestrutura adequada no país. Além do mais, as novas edificações estão sendo construídas seguindo os conceitos de sustentabilidade e com isso, as estruturas já existentes estão tendo que se adaptar. Assim, o desenvolvimento tecnológico está sofrendo uma radical mudança, principalmente no setor de construção.

Entretanto, ainda que se considere a relevância do grande número de novas construções que já utilizam conceitos sustentáveis, é necessário que os processos construtivos sejam acelerados, haja vista que a taxa de retorno de investimento está fortemente condicionada aos prazos de entrega. Principalmente devido ao porte das obras e ao curto espaço de tempo para concretização das mesmas até o início dos eventos.

Outro fator que também justifica a otimização dos tempos de execução dos serviços é a demanda por novas habitações, tanto por parte da classe média quanto para os trabalhadores de baixa renda. Sem desconsiderar as demandas urgentes na infraestrutura dos setores de saúde, educação e segurança.

Diante disso, novas tecnologias e materiais cada vez mais específicos, com melhor desempenho, e métodos construtivos inovadores, mais práticos e de alta produtividade estão sendo cada vez mais estudados.

Tendo como base esta visão, foi proposto este Trabalho de Conclusão de Curso que, embasado nos conhecimentos adquiridos ao longo do processo de graduação, apresenta uma tentativa de unir dois materiais específicos da construção civil, a fim de melhorar a qualidade e a praticidade de determinado serviço, diminuindo o tempo de execução, matérias primas e mão de obra utilizada.

Toda construção é formada por um conjunto de sistemas, que podem ser subdivididos, basicamente, em: fundações, estrutura e supraestrutura, sistema hidrossanitário, elétrico, telefônico, de instalação de gás, de impermeabilização e de segurança. Além desses, tem-se os sistemas de vedações verticais e horizontais, internos ou externos a estrutura, com diversas soluções de engenharia, como por exemplo: alvenaria

de blocos cerâmicos, alvenaria de blocos de concreto, paredes de gesso cartonado, paredes de concreto, entre outras. Cada um desses sistemas cumpre funções específicas e contribui para o funcionamento harmônico do edifício.

O foco deste trabalho está no processo de revestimento de paredes de alvenaria de blocos cerâmicos. Este revestimento pode ser feito com diferentes materiais de acabamento, dentre eles a argamassa convencional preparada em obra, comumente, mista, a argamassa de projeção, as argamassas industrializadas, misturas semi prontas e as argamassas estabilizadas. Esta última consiste em uma argamassa já no estado fresco, pronta para uso, capaz de preservar sua trabalhabilidade por até três dias, sem prejudicar suas propriedades no estado endurecido.

O objetivo deste trabalho é o de melhorar um produto já existente no mercado com o uso de aditivos. Mais especificamente, este trabalho apresenta um estudo de viabilidade técnica da aplicação direta, sobre a alvenaria de blocos cerâmicos em “osso”, da argamassa estabilizada modificada com aditivo promotor de aderência a base de copolímeros. A intenção do trabalho é a de analisar a viabilidade de eliminar a aplicação do chapisco e, assim, reduzir matéria prima e prazo de execução deste serviço.

Todavia, além de aprimorar as propriedades da argamassa estabilizada faz-se necessário que este “novo” produto satisfaça os requisitos estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, descritos na NBR 13281 - argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – requisitos. A não obtenção das propriedades reológicas e mecânicas especificadas nesta norma acarreta em perda de aderência da argamassa ao substrato e a ocorrência de patologias como o surgimento de trincas e/ou fissuras (ASSOCIAÇÃO..., 2005 d).

Além disso, segundo Neto *et. al.* 1999, um novo material, para ser aceito pelo mercado da Construção Civil, necessita ser: resistente, durável, trabalhável, apresentar peso específico, condutibilidade térmica, absorção e reflexão acústica, favoráveis e adequados e isso tudo, com custo moderado. Ou, é claro que seu desempenho seja superior aos materiais disponíveis e normalizados e que isto justifique seu preço elevado.

Então, faz-se necessário um estudo do comportamento tanto no estado fresco como no estado endurecido desta “nova” argamassa. Dentre os ensaios realizados nas argamassas estão o de índice de consistência e perda de consistência, absorção, retenção de água, densidade de massa e teor de ar incorporado, resistência de aderência à tração e à compressão. Além dos ensaios de caracterização da areia utilizada nas argamassas.

Assim sendo, o presente trabalho ficou estruturado da seguinte maneira: Capítulo 1 compreende a introdução, onde se faz a contextualização do trabalho e apresentam-se os objetivos gerais e específicos e a justificativa do trabalho; Capítulo 2 apresenta-se a revisão bibliográfica do tema proposto; Capítulo 3 detalha-se a metodologia utilizada na execução

dos experimentos; Capítulo 4 mostram-se os resultados obtidos dos experimentos realizados; Capítulo 5 discute-se os resultados obtidos com os experimentos; Capítulo 6 faz-se uma análise comparativa entre os custos de produção da argamassa estabilizada tradicional e da argamassa estabilizada com aditivo colante; e por fim, são elencadas as referências bibliográficas utilizadas para o desenvolvimento da pesquisa.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a viabilidade da aplicação da argamassa estabilizada com adição de copolímeros de ação adesiva, para revestimento argamassado de paredes de alvenaria de blocos cerâmicos, sem a realização da camada de chapisco.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar a ação do aditivo incorporador de ar nas propriedades da argamassa, quanto ao espalhamento, densidade de massa e teor de ar incorporado;
- Estudar a ação do aditivo plastificante estabilizador nas propriedades da argamassa, quanto ao espalhamento, densidade de massa e teor de ar incorporado;
- Estudar a ação dos aditivos: incorporador de ar e plastificante estabilizador, utilizados em conjunto, em propriedades da argamassa, quanto ao espalhamento, densidade de massa e teor de ar incorporado ao longo do tempo;
- Definir uma argamassa estabilizada de referência, comumente comercializada, sem a adição de polímero, com aditivo incorporador de ar e plastificante retardador (Ref. 1);
- Estudar a ação do polímero adesivo em propriedades da argamassa, como espalhamento, densidade de massa e teor de ar incorporado;
- Analisar a ação de polímero adesivo juntamente com a adição de aditivo estabilizador quanto ao espalhamento e teor de ar incorporado ao longo do tempo;
- Verificar a necessidade de utilização do aditivo incorporador de ar em argamassas com adição de polímero;
- Definir uma argamassa estabilizada de referência com a adição de polímero (Ref.2);
- Caracterizar as argamassas de referência, com e sem adição do polímero, no estado fresco, avaliando as seguintes propriedades: massa específica e teor de ar incorporado, espalhamento e retenção de água, no tempo de estabilidade;
- Caracterizar as argamassas, com e sem adição do polímero, no estado endurecido, diretamente no revestimento e em corpos-de-prova, avaliando as seguintes propriedades: aderência, resistência de aderência à tração e à compressão e absorção.

- Comparar a resistência mecânica à tração (aderência), das argamassas estabilizadas com e sem a adição do polímero de ação adesiva, aplicada sobre superfície chapiscada e aplicada diretamente sobre alvenaria de blocos cerâmicos.
- Analisar os resultados obtidos com os estabelecidos pelas Normas Técnicas Brasileiras sobre argamassa para revestimento.
- Analisar quantitativamente as vantagens e desvantagens da utilização da argamassa estabilizada com adição de polímero de ação adesiva;

1.3 JUSTIFICATIVA

O processo construtivo mais empregado hoje em dia, para revestimento de paredes de blocos cerâmicos, é um sistema constituído de três camadas, que são o chapisco, emboço, reboco ou massa fina, aplicadas exatamente nesta ordem.

Segundo a tabela da Secretaria de Estado de Obras Públicas – SEOP, do Governo do Estado do Paraná de dezembro de 2012, o preço do chapisco de parede gira em torno de R\$ 5,25/m², enquanto o valor do emboço fica em torno de R\$ 21,90/m² (SEOP, 2012). Na obra de ampliação de um posto de saúde do bairro Morumbi, na cidade de Pato Branco-PR, a porcentagem de valores de chapisco e emboço, em relação ao gasto total da obra, equivale respectivamente a 1,7% e 7,0%. Outro exemplo seria a obra de um conjunto habitacional, também na cidade de Pato Branco, porém localizada no bairro Vila Verde onde o chapisco ficou em torno de 1,37% do valor total da obra enquanto o emboço ficou em torno de 5,3%.

Além disso, a perda de material (cimento, cal e areia), tanto durante o preparo *in loco* da argamassa para emboço quanto durante a execução do chapisco influenciam no custo total da obra. Dependendo da qualificação da mão-de-obra empregada, o desperdício pode se tornar muito elevado.

Se houvesse a possibilidade de se eliminar a etapa de chapisco, sem que as características de qualidade do produto final fossem alteradas, haveria a possibilidade de reduzirem-se custos, além de ser possível levantar a hipótese da redução nos prazos de conclusão dos serviços e/ou obra; dado que, é usual, nas construções de edifícios, adotar-se um período de 2 a 3 dias para a cura do chapisco e, após este prazo, proceder-se com a colocação da camada de emboço (SILVA FILHO, 2009).

Paredes de blocos de concreto, por serem mais ásperas, podem receber a camada de emboço sem a necessidade de fazer a camada de chapisco. Percebe-se com isso que camada de chapisco tem a função de aumentar a aderência mecânica de blocos cerâmicos. Ao se retirar a camada de chapisco do revestimento da parede de blocos cerâmicos, e assim, reduzir a aderência mecânica, faz-se necessário compensar esta redução. Esta

compensação pode ser feita por meio do aumento da aderência química, isto é, através da utilização de copolímeros acrílicos, que ampliam a adesão do emboço à alvenaria.

Sendo possível eliminar a camada de ligação entre emboço e substrato, poder-se-ia eliminar os insumos desta atividade, como, mão-de-obra e materiais, com possível redução no prazo de execução, obtendo uma mistura prática e de bom desempenho. Este fato ainda evitaria a parada de outras etapas da obra para o preparo da massa; necessitaria de menor esforço do pedreiro, reduzindo riscos de problemas laborais; eliminaria a necessidade de estocagem de areia, cimento, cal, betoneiras e demais ferramentas e criaria canteiros de obras menores e mais limpos.

É importante também salientar que quando se utilizam polímeros adesivos, como látex acrílico ou estireno butadieno, para melhorar a aderência da camada de chapisco à base, deve-se tomar cuidado. O chapisco irá aderir de forma eficaz ao substrato, porém o polímero, no interior da matriz porosa do chapisco, irá formar filmes que irão obstruir parcialmente a rede de poros. Assim, é reduzida a sucção necessária ao chapisco quando houver o lançamento, sobre este, da argamassa de revestimento (emboço e reboco). Dessa forma, a aderência da argamassa de revestimento ao chapisco é prejudicada com resultados de desempenho muito críticos. Resumindo, o chapisco modificado (com polímeros adesivos) fica perfeitamente aderido ao substrato, mas não se consegue aderência significativa da argamassa sobre o chapisco [BAUER *et. al*, 2005]. Em decorrência disso, este trabalho propõe à adição do polímero adesivo à argamassa constituinte do emboço e propõem a retirada da camada de chapisco.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Aqui serão abordados os itens que contemplam as argamassas de revestimento, com suas camadas e propriedades, tanto no estado fresco quanto no endurecido, além dos conceitos de argamassa estabilizada e aditivos adesivos à base de copolímeros.

2.1 HISTÓRICO DA ARGAMASSA

Há mais de 3000 anos, as civilizações Fenícias, Gregas e Romanas já utilizavam as argamassas hidráulicas, mistura de um material aglomerante (cinzas vulcânicas) com materiais inertes, para pavimentação das edificações e para assentar e revestir os blocos que formam as paredes e os muros das mesmas [MIRANDA, 2009].

As misturas de aditivos são conhecidas desde a antiguidade, por melhorar o desempenho pretendido com as argamassas. Os Romanos, por exemplo, utilizavam o sangue, a banha e o leite como aditivos nas argamassas hidráulicas, talvez com o intuito de melhorar a trabalhabilidade. Hoje, sabe-se que estas substâncias provocam a introdução de ar na argamassa, o que pode ter contribuído para a duração das edificações Romanas [MIRANDA, 2009].

No Brasil, a argamassa passou a ser utilizada no primeiro século de nossa colonização, sendo utilizada no assentamento de alvenaria de pedra, largamente utilizada na época. A cal que constituía tal argamassa era obtida através da queima de conchas e mariscos. O óleo de baleia também era muitas vezes, utilizado como aglomerante, em argamassas de assentamento [WESTPHAL *et al.*, 2013].

2.2 REVESTIMENTO ARGAMASSADO

A NBR 13281 (ASSOCIAÇÃO..., 2005d) descreve a argamassa como uma mistura homogênea de aglomerantes e agregados inorgânicos com água, podendo conter aditivos e adições, com propriedades de endurecimento e aderência controladas, sendo dosada em obra ou em instalações próprias.

De acordo com a NBR 7200 (ASSOCIAÇÃO..., 1998) as argamassas destinadas a revestimentos são definidas como uma mistura de aglomerantes e agregados minerais com água, possuindo capacidade de endurecimento e aderência. Na produção de argamassas de revestimento, devem-se atender diversas exigências, assegurando-se que certas propriedades sejam obtidas, além de um bom desempenho na aplicação, qualidade e durabilidade, tanto nos estados fresco e endurecido [SABBATINI e BAIA, 2008].

As argamassas utilizadas como revestimento de vedações podem simplesmente exercer a função de cobrir irregularidades da superfície, constituindo o acabamento estético da edificação, como podem ainda contribuir para as exigências de segurança e habitabilidade [CINCOTTO *et. al.*,1995].

Alguns estudos comprovam que os revestimentos argamassados podem contribuir com o isolamento térmico, em cerca de 30%, com o isolamento acústico, com cerca de 50%, com a estanqueidade à água, variando de 70% até 100%, além de contribuir para a segurança ao fogo, resistência ao desgaste e abalos superficiais [CARAZEC, 2007 *apud* Santos, 2008a¹].

Segundo Santos (2008b), Sabbatini e Baia (2008), além de possuir compatibilidade entre os materiais constituintes e os materiais da base na qual é aplicada, as argamassas de revestimento devem possuir as seguintes funções características:

- Proteção dos elementos de vedação dos edifícios da ação direta dos agentes agressivos;
- Auxílio no cumprimento da função de vedação, como, por exemplo, o isolamento termo acústico, conforto higrotérmico (temperatura e umidade), resistência ao fogo, além da estabilidade mecânica e dimensional (resistência à tração, compressão, impacto e abrasão);
- Contribuição para a estanqueidade da parede, constituindo-se em uma barreira à penetração de água;
- Regularização da superfície dos elementos de vedação, servindo de base regular e adequada ao recebimento de revestimentos ou constituir-se no acabamento final;
- Função estética da fachada (acabamento e decoração).

2.2.1 Camadas do Revestimento Argamassado

As camadas que compõem o revestimento argamassado são apresentadas na Figura 1.

¹ SANTOS, Heraldo B. dos. **Ensaio de Aderência das Argamassas de Revestimento**. 2008a. 50 f. Monografia – Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2008. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Monografia%20Heraldo%20Barbosa.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

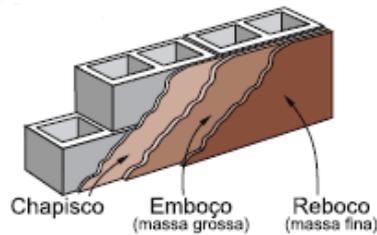


Figura 1 - Camadas dos revestimentos de Argamassa
Fonte: Gomes (2008).

2.2.1.1 Chapisco

Segundo a NBR 13529 (ASSOCIAÇÃO..., 1995b) chapisco é a camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou descontínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento.

De acordo com Silva (2006), utiliza-se o chapisco em situações vinculadas à:

- Limitações na capacidade de aderência da base: quando a superfície é muito lisa ou com porosidade inadequada;
- Revestimento sujeito a ações de maior intensidade: os revestimentos externos em geral e revestimentos de teto.

O chapisco é a camada responsável pela ligação entre o revestimento e o substrato, e de acordo com Carasek (1996) possui como principal requisito ou propriedade a aderência mecânica. Esta camada deve ser utilizada em alvenarias de bloco cerâmico devido à porosidade do material da qual a vedação se constitui. Caso esta seja executada com blocos de concreto, cuja porosidade é capaz de ligar e apresentar a propriedade de aderência inicial entre o revestimento de argamassa e a base, o emprego da camada de chapisco pode ser desnecessário.

O chapisco consiste em uma argamassa produzida com cimento, areia, normalmente de granulometria mais grossa, e água, dosada de forma a obter uma película rugosa, aderente e resistente. A argamassa do chapisco é bastante fluída, normalmente produzida no traço 1:3 em volume (cimento e areia), podendo ou não ter a adição de aditivos adesivos aplicados sobre o substrato, para fornecer uma melhor aderência argamassa/substrato. A aplicação é realizada de forma que a argamassa seja projetada energicamente sobre a superfície que receberá o emboço e, de baixo para cima [SANTOS, 2008a].

Antes da aplicação do chapisco, o substrato deve ser umedecido de forma abundante, para evitar a absorção excessiva da água necessária para à cura do chapisco no substrato. (dependendo do índice de absorção inicial do bloco e da absorção) Segundo

Yazigi (2006) *apud* Santos (2008a)², o excesso de água de saturação pode ser prejudicial, uma vez que os poros saturados irão inibir o microagulhamento da pasta de aglomerante dentro dos mesmos (mecanismo que configura a aderência sobre substratos porosos).

De acordo com Santos (2008a) a espessura máxima do chapisco deverá ser de 5mm. Bauer et. al. (2005) menciona a necessidade de cura do chapisco, por aspersão de água, com duração de no mínimo de 24 horas, recomendando-se estendê-la para 48 horas em condições de clima quente e seco. Falhas de cura, geralmente são: pulverulência, fissuração intensa e desagregação.

2.2.1.2 Emboço

De acordo com a NBR 13529 (ASSOCIAÇÃO..., 1995b) emboço é a camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície da base ou chapisco, propiciando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco ou de revestimento decorativo, ou que se constitua no acabamento final. O emboço é uma argamassa de aglomerantes e agregados, com água e possíveis adições.

Os traços mais comuns utilizados para emboço são: 1:1:4 (cimento:cal:areia) para emboço interno, base para reboco, 1:1,25:5 para emboço interno, base para cerâmica, 1:2:9 para emboço interno, para tetos ou externo, base para reboco e 1:2:8 para emboço externo, base para cerâmica [MOTA et. al., 2002].

No emboço normalmente emprega-se um agregado miúdo de granulometria um pouco mais grossa do que na camada única ou no reboco, e o acabamento é somente o sarrafeado, onde se deixa uma textura áspera para melhorar a aderência quando se aplica outros materiais, como é o caso da argamassa colante no assentamento de peças cerâmicas [BAUER et. al., 2005]

O emboço pode ser executado somente após a total cura da base chapiscada [YAZIGI, 2006 *apud* SANTOS, 2008²].

Segundo a NBR 7200 (ASSOCIAÇÃO..., 1998), a idade mínima do chapisco, para que sobre ele seja executada a camada de emboço, deve ser de três dias. Em locais que possuem características climáticas como temperatura elevadas (maiores ou próximas a 30°C), umidade do ar e ventilação adequada, este período de tempo de cura do chapisco, para a posterior aplicação da massa grossa, pode diminuir para 2 dias.

² SANTOS, Heraldo B. dos. **Ensaio de Aderência das Argamassas de Revestimento**. 2008a. 50 f. Monografia – Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2008. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Monografia%20Heraldo%20Barbosa.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

2.2.1.3 Reboco

Reboco é a camada de argamassa de revestimento realizada sobre o emboço ou sobre o próprio substrato munido de camada de ligação. A NBR 13529 (ASSOCIAÇÃO..., 1995b) conceitua reboco como a camada de revestimento utilizada para cobrimento do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo ou que se constitua no acabamento final. O reboco é uma argamassa de aglomerantes e agregados, com água e possíveis adições.

Os traços mais comuns utilizados para reboco são: 1:4 (cal:areia) para reboco interno, base para pintura, 1:3 para reboco externo, base para pintura e 1:2 para reboco interno, para tetos, base para pintura [MOTA et. al., 2002].

O reboco confere uma textura superficial final aos revestimentos de múltiplas camadas, sendo a pintura, aplicada diretamente sobre o mesmo. Portanto, não deve apresentar fissuras, principalmente em aplicações externas. Para isto, a argamassa deverá apresentar elevada capacidade de acomodar deformações [SILVA, 2006].

Segundo a NBR 7200 (ASSOCIAÇÃO..., 1998), a aplicação da camada de reboco só pode ser efetuada, de acordo com a finalidade e com as condições do clima, com a umidificação da camada anterior, sendo vetada a aplicação de camadas de revestimentos em ambientes com temperaturas menores que 5°C. De acordo com Santos (2008a), em temperatura superior a 30°C devem ser tomados cuidados especiais para a cura do revestimento, mantendo-o úmido pelo menos nas 24 horas iniciais através da aspersão constante de água. Este procedimento deve ser adotado em situações de baixa umidade relativa do ar, ventos fortes e insolação forte e direta sobre os planos revestidos.

A espessura total das camadas de revestimentos internos e externos, de acordo com a NBR 13749 (ASSOCIAÇÃO..., 1996), é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Espessura das argamassas de revestimento

Revestimento	Espessura (mm)
Interno	5 a 20
Externo	20 a 30
Teto (interno e externo)	Maior que 20

Fonte: NBR 13749 (ASSOCIAÇÃO..., 1996).

Como indicado na NBR 13749 (ASSOCIAÇÃO..., 1996), caso seja necessário a utilização de revestimentos com espessuras superiores aos indicados na Tabela 1, cuidados diversos devem ser tomados com a questão de aderência argamassa/substrato.

2.2.2 Propriedades da Argamassa de Revestimento

Para poder garantir o desempenho dos revestimentos argamassados quando expostos às intempéries, suas propriedades precisam ser estudadas e analisadas a fim de se obter o melhor desempenho possível [SANTOS, 2008b].

Os revestimentos de argamassa devem apresentar determinadas características funcionais e propriedades para que possam cumprir suas funções de forma adequada, tanto no estado fresco quanto no endurecido.

Ao se compreender o comportamento das propriedades das argamassas de revestimento em diferentes situações, ou seja, em diferentes temperaturas, substratos e em diferentes umidades relativas, é possível inferir sobre o comportamento das argamassas em situações similares.

2.2.2.1 Propriedades da Argamassa no Estado Fresco

O desempenho das argamassas no estado fresco está intimamente relacionado à matéria prima utilizada, ao traço (relação de proporção entre os materiais), à mistura, isto é, ao tipo de misturador empregado e ao tempo de mistura, aos equipamentos empregados para no transporte, espessura da camada e até à forma de aplicação. Além disso, há de se considerar o ambiente no qual a mesma está inserida.

Conhecer as propriedades dos materiais utilizados na confecção, na dosagem, implantação de sistema eficiente de mistura e de transporte, bem como no treinamento de colaboradores são atividades primordiais para garantir a durabilidade aos revestimentos [ASSOCIAÇÃO..., 2008].

De acordo com Sabbatini e Baia (2008), as principais propriedades das argamassas no estado fresco são a massa específica, teor de ar incorporado, trabalhabilidade, retenção de água, aderência inicial e retração na secagem.

2.2.2.1.1 Massa Específica e Teor de Ar Incorporado

Massa específica é a relação entre a massa da argamassa e o seu volume, podendo ser absoluta ou relativa. Na determinação da massa específica absoluta não são considerados os vazios existentes na argamassa, em contrapartida, para determinação da massa relativa e/ou massa unitária os vazios são considerados [SANTOS, 2008a].

Sabbatini e Baia (2008) definem teor de ar como a quantidade de ar existente em certo volume de argamassa, ou seja, a soma do ar aprisionado e do ar incorporado. A presença de aditivos incorporadores de ar nas argamassas aumenta o teor de ar

incorporado, diminuindo a massa específica relativa da mistura. A utilização destes produtos deve seguir as orientações dos fabricantes, porque elevadas adições, sem critérios pré-definidos, podem interferir de forma negativa em outras propriedades da argamassa, como por exemplo, na resistência mecânica.

Os valores de massa unitária e teor de ar interferem na trabalhabilidade de uma argamassa no estado fresco. Uma argamassa com menor massa específica e maior teor de ar apresenta melhor trabalhabilidade [SABBATINI e BAIA, 2008]. Entretanto é preciso tomar cuidado, já que uma argamassa pobre, com elevada relação água cimento é pouco coesa, apesar de possuir baixa massa unitária.

Os métodos de determinação da massa específica e do teor de ar incorporado nas argamassas no estado fresco são descritos na NBR 13278 (ASSOCIAÇÃO..., 2005b).

2.2.2.1.2 Trabalhabilidade e Consistência

De acordo com Rilem (1982) *apud* Bauer *et. al.* (2005)³:

Trabalhabilidade é a facilidade do operário de trabalhar com a argamassa, que pode ser entendida como um conjunto de fatores inter-relacionados, conferindo boa qualidade e produtividade na sua aplicação. Considerando ainda que a consistência e a plasticidade são as propriedades reológicas básicas, que caracterizam a trabalhabilidade.

Segundo Sabbatini e Baia (2008), trabalhabilidade é a combinação das características das argamassas relacionadas com a coesão, consistência, plasticidade, viscosidade, adesividade e massa específica. Assim, ela determina o modo e a facilidade com que elas podem ser misturadas, transportadas, aplicadas, consolidadas e acabadas em uma condição homogênea. A trabalhabilidade é uma propriedade complexa, resultante da conjunção de diversas outras propriedades, tais como: consistência, plasticidade, retenção de água, coesão, exsudação, densidade de massa e adesão inicial.

Santos (2008a) elenca as principais características de uma argamassa trabalhável, como:

- Deixa penetrar facilmente a colher de pedreiro, sem ser fluída;
- Mantém-se coesa ao ser transportada, mas não adere à colher ao ser lançada;
- Distribui-se facilmente e preenche todas as reentrâncias da base;
- Não endurece rapidamente quando aplicada.

³ BAUER, Elton; RAMOS, Daiane V. M.; SANTOS, Carla C. N.; PAES, Isaura L.; SOUSA, José. G. G. de ; ALVES, Nielsen J. D.; GONCALVES, Sérgio R.; LARA, Patrícia. L. O. **Revestimentos de argamassa - características e peculiaridades**. 1. ed. BRASÍLIA: LEM-UnB - SINDUSCON/DF, 2005. v. 1. 92 p.

Com relação à consistência, segundo Gomes (2008), esta é resultante das ações de forças internas, como coesão e ângulo de atrito interno e viscosidade, que condicionam a mudança de forma da mistura. Desta forma, o teor de água, a forma e a textura dos grãos dos agregados, assim como a granulometria afetam a consistência.

A consistência é a propriedade da argamassa relacionada à trabalhabilidade, que pode ser definida através de um índice. A NBR 13276 (ASSOCIAÇÃO..., 2005) estabelece o método para determinação do índice de consistência da argamassa. Alguns aspectos interferem nessa propriedade, como as características dos materiais constituintes da argamassa e o traço utilizado. A presença da cal e de aditivos incorporadores de ar, por exemplo, melhoram essa propriedade até um determinado limite. A Tabela 2 apresenta as características internas e externas que influenciam na consistência das argamassas.

Fatores Internos	Fatores Externos
Teor de água muitas vezes definida em função da consistência necessária	Tipo de mistura
Proporção entre aglomerantes e agregado	Tipo de transporte
Natureza e teor dos plastificantes (cal, finos argilosos, etc)	Tipo de aplicação no substrato
Distribuição granulométrica e forma e textura dos grãos do agregado	Operações de sarrafeamento e desempenho
Natureza e teor de aditivos	Características da base de aplicação – tipo de preparo, rugosidade, absorção, etc.

Fonte: Bauer et. al. (2005).

As características de consistência são ajustadas a partir dos fatores externos, alterando os fatores internos.

2.2.2.1.3 Retenção de Água

Retenção de água corresponde à capacidade da argamassa de não alterar sua trabalhabilidade, mantendo-se aplicável por um período adequado de tempo quando sujeita às solicitações que são capazes de provocar perda de água por evaporação, sucção do substrato ou reações de hidratação. A retenção de água é a propriedade que contribui para o desenvolvimento da hidratação em fases mais avançadas, tornando as reações de endurecimento da argamassa mais gradativas, com um conseqüente ganho de resistência, evitando possíveis problemas de fissuração ocasionados por retração, fatores estes com implicância direta no desempenho dos sistemas de revestimento [BAUER et. al., 2005].

De acordo com Sabbatini e Baia (2008), a perda de água de forma rápida nos revestimentos prejudica a aderência, a capacidade de absorver deformações, a resistência mecânica, a durabilidade e a estanqueidade do revestimento e da vedação.

Segundo Gomes (2008), para conferir trabalhabilidade nas argamassas utiliza-se uma quantidade de água superior a necessária para produzir as reações de endurecimento da mistura. Assim, a quantidade excessiva de água, que não é utilizada no processo de hidratação, é perdida superficialmente (por evaporação) ou através do contato entre argamassa e substrato, devido ao gradiente hidráulico que surge na base, pela diferença de sucção. Desta perda de água surge a porosidade da argamassa.

A movimentação da água afeta a resistência, a capilaridade, a permeabilidade e a aderência da argamassa à base [SABBATINI e BAIA, 2008]. Quando a argamassa não possui uma boa capacidade de retenção da água de amassamento, as reações de hidratação do cimento e de carbonatação da cal ficam prejudicadas, o que interfere de forma negativa no tempo que se dispões para utilizá-la e na qualidade do revestimento.

O deslocamento de um líquido em um meio granular está relacionado com a finura, superfície específica e poder de adsorção destas partículas. A retenção de água pela argamassa depende da capacidade de aprisionamento do líquido pelas partículas finas, que possuem uma elevada atividade de superfície. A cal possui um elevado poder de retenção, devido à capacidade adsortiva de seus cristais e elevada superfície específica. A utilização do caulim também melhora o poder de retenção de água da argamassa, já que a água se incorpora à estrutura dos argilominerais presentes [BAUER et. al., 2005].

Da mesma forma que na trabalhabilidade, os fatores que influenciam na retenção de água são as características dos materiais constituintes da argamassa e a relação de proporção entre eles (traço). A presença da cal e de aditivos pode melhorar essa propriedade [SABBATINI e BAIA, 2008].

Os aditivos retentores de água são polímeros leves, a base de éter de celulose, utilizados normalmente em solução ou em pó, que em solução aquosa produzem um aumento considerável na viscosidade e na retenção de água nas misturas em que são aplicados [BAUER et. al., 2005].

A norma NBR 13277 (ASSOCIAÇÃO..., 2005a) estabelece o método para a determinação da retenção de água da argamassa.

2.2.2.1.4 Aderência Inicial

Ao ser lançada a argamassa fresca sobre a alvenaria que se pretende revestir, espera-se que ela fique aderida à base, sem se desprender [GOMES, 2008]. A adesão inicial da argamassa no estado fresco ao substrato é a propriedade que caracterizará o

comportamento futuro do conjunto substrato/revestimento quanto ao desempenho decorrente da aderência [CINCOTTO *et al.*, 1995].

A aderência da argamassa ao substrato relaciona-se às características reológicas da pasta aglomerante. A baixa tensão superficial da pasta, que é inversamente proporcional ao consumo de aglomerantes, é o que propicia a sua adesão física ao substrato, assim como aos próprios grãos do agregado miúdo [SILVA, 2006].

De acordo com Sabbatini e Baia (2008), a aderência inicial corresponde a capacidade que a argamassa apresenta para ancorar na superfície da base através da penetração da pasta nos poros, reentrâncias e saliências seguidos do endurecimento gradativo da pasta.

Em superfícies porosas, a aderência inicial se dá pela ancoragem da argamassa na base, através da entrada de pasta nos poros do substrato, ocorrendo o endurecimento progressivo da pasta, conforme a Figura 2.

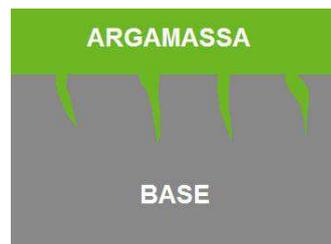


Figura 2 - Ancoragem da argamassa na base.
Fonte: Adaptado de Sabbatini e Baia (2008).

Segundo Sabbatini e Baia (2008) e Silva (2006), a aderência inicial depende dos seguintes fatores:

- Propriedades da argamassa no estado fresco;
- Características da base de aplicação (porosidade, rugosidade);
- Limpeza do substrato (isenção de poeiras, partículas soltas e gorduras);
- Contato efetivo entre a superfície de argamassa e a base.

A Figura 3 (a) apresenta uma argamassa com boa aderência inicial. Para tal, a mistura deve apresentar retenção de água e trabalhabilidade compatíveis com a sucção da base e às condições climáticas e do ambiente (umidade, insolação, etc.). Se a retenção de água for menor que a capacidade de sucção do substrato, ocorre uma migração muito rápida de pasta para os poros da base, diminuindo a aderência inicial. O resultado disso é uma descontinuidade da camada de argamassa sobre a base, como ilustra a Figura 3 (b) [SABBATINI e BAIA, 2008].

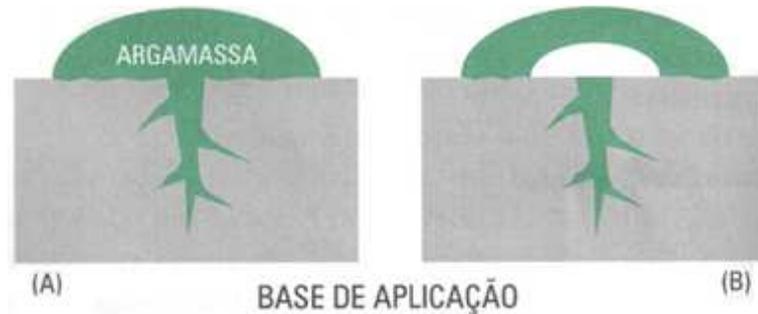


Figura 3 – (a) Argamassa com boa aderência inicial; (b) Perda de aderência inicial por descontinuidade da argamassa.

Fonte: Sabbatini e Baia (2008).

2.2.2.1.5 Retração na Secagem

A retração é responsável por inúmeras patologias encontradas nos revestimentos. Ao gerarem fissuras, possibilitam a penetração de água, com posterior aparecimento de fungos e bolor, fato que pode, inclusive, ocasionar o descolamento do revestimento e/ou acabamento. Ela ocorre devido à evaporação de água de amassamento da argamassa e, também, pelas reações de hidratação e carbonatação dos aglomerantes [SANTOS, 2008a].

De acordo com Sabbatini e Baia (2008), as fissuras podem ser prejudiciais ou não (microfissuras). As fissuras prejudiciais permitem a percolação da água pelo revestimento já no estado endurecido, comprometendo a sua estanqueidade à água.

Gomes (2008) afirma que:

A argamassa, bem como o concreto, está sujeita a retração plástica, hidráulica e autógena. A retração plástica ocorre antes do início de pega da pasta de cimento e é resultante da saída de água por evaporação, e sua intensidade depende da umidade relativa, temperatura ambiente, velocidade do ar, localização da área revestida, espessura da camada e dos materiais constituintes. A retração hidráulica se dá após a pega, isto é, decorrente da saída de água, na fase de endurecimento, sendo afetada pela dosagem, tipo de materiais empregados, condições de cura e localização do revestimento. Já a retração autógena é causada pelas reações químicas dos aglomerantes: se do cimento, a retração é de hidratação, e se da cal, a retração é de carbonatação.

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 [CARASEK (2007) *apud* SANTOS (2008a)⁴].

⁴ SANTOS, Heraldo B. dos. **Ensaio de Aderência das Argamassas de Revestimento**. 2008a. 50 f. Monografia – Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2008. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Monografia%20Heraldo%20Barbosa.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

Sabbatini e Baia (2008) elencam os fatores que influenciam nessa propriedade como:

- Características dos materiais constituintes da argamassa e o traço utilizado;
- A espessura e o intervalo de aplicação das camadas;
- O respeito ao tempo de sarrafeamento e desempenho.

As argamassas com um alto teor de cimento, denominadas “fortes”, estão mais sujeitas às tensões causadoras do aparecimento de fissuras prejudiciais durante a secagem, além das trincas e possíveis descolamentos da argamassa, no estado endurecido; as argamassas mais “fracas”, serão menos sujeitas ao aparecimento das fissuras prejudiciais, como ilustra a Figura 4 [SABBATINI E BAIA, 2008].

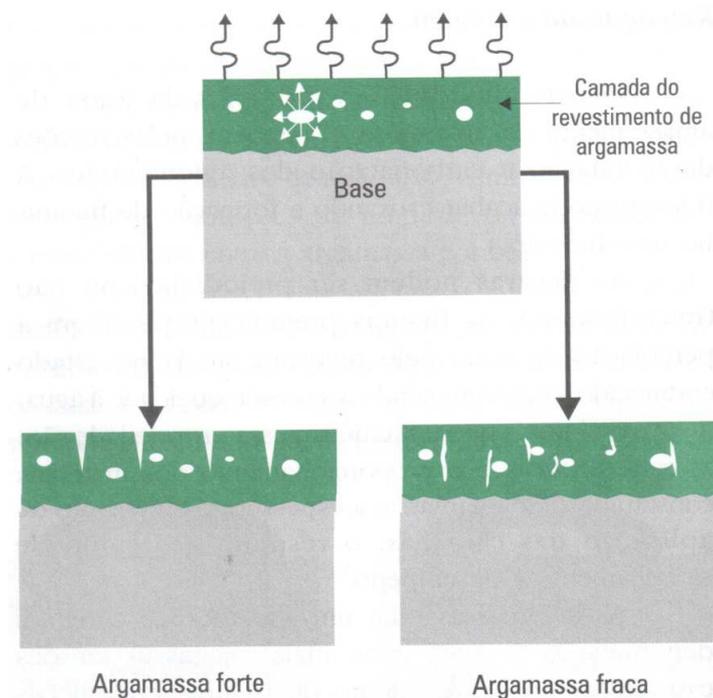


Figura 4 - Mecanismo da Fissura
Fonte: Sabbatini e Baia (2008).

Assim, uma argamassa que tem uma quantidade maior de finos tem mais facilidade de aderência ao substrato, porém também tem mais facilidade de fissuração. Entretanto, quando a quantidade de água é superior a quantidade necessária à hidratação do cimento, também podem vir a ocorrer fissuras [SABBATINI E BAIA, 2008].

Com relação à espessura, as camadas de argamassa que são aplicadas em espessuras maiores, superior a 25 mm, estão mais sujeitas a sofrerem retração na secagem e a apresentação de fissuras [SABBATINI E BAIA, 2008].

2.2.2.2 Propriedades da Argamassa no Estado Endurecido

A argamassa mantém sua consistência plástica, no estado fresco, por um curto espaço de tempo. Quando iniciam as reações de hidratação do cimento, com a fixação da água, e a perda de água superficial (evaporação), a massa plástica passa para o estado semi-sólido, com aumento da consistência. A esse período chamamos de fase de pega, após o qual a argamassa passa ao estado sólido, que é caracterizado pelo crescimento da resistência [GOMES, 2008].

No estado endurecido, as argamassas de revestimento possuem propriedades inerentes, sendo medidas diretamente em corpos-de-prova, e outras que dependem da interação da mistura argamassada com o substrato e só podem ser avaliadas em conjunto, isto é, no revestimento.

A Tabela 3 mostra através de uma escala qualitativa que cresce de 1 a 4, a variação do nível de exigência das propriedades de maior relevância para o revestimento [SABBATINI e BAIA, 2008].

Tabela 3 - Nível de exigência das propriedades do revestimento de argamassa

Propriedades	Condições de Exposição				
	Interno			Externo	
	Paredes		Teto	Parede	
	Base pintura	Base Cerâmica		Base pintura	Base Cerâmica
Capacidade de Aderência	2	2	3	3	4
Capacidade de absorver deformações	3	1	3	4	4
Resistência à tração e à compressão	1	2	1	3	4
Resistência ao desgaste superficial	3	1	1	2	1
Durabilidade	2	2	1	4	3

Fonte: Sabbatini e Baia (2008).

2.2.2.2.1 Aderência

No estado endurecido, a aderência é a propriedade mais solicitada nas argamassas de revestimento.

É a propriedade de adesão das argamassas influenciada pela condição da superfície da base, pelos materiais que compõem a argamassa, pela capacidade de retenção de água e pela espessura da camada de revestimento [SANTOS, 2008a].

Maciel, Barros e Sabbatini (1998) *apud* Santos (2008a)⁵ afirmam que a aderência é uma propriedade que o revestimento tem em manter-se fixo ao substrato, através da

⁵ SANTOS, Heraldo B. dos. **Ensaio de Aderência das Argamassas de Revestimento**. 2008a. 50 f. Monografia – Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2008. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Monografia%20Heraldo%20Barbosa.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

resistência às tensões normais e tangenciais que surgem na interface base-revestimento. É resultante da resistência de aderência à tração, da resistência de aderência ao cisalhamento e da extensão de aderência da argamassa.

De acordo com Sabbatini e Baia (2008) a aderência depende:

- Das propriedades da argamassa no estado fresco;
- Dos procedimentos de execução do revestimento;
- Da natureza e características da base e da sua limpeza superficial.

Carasek (1996) *apud* Santos (2008a)⁶ afirma que:

A aderência da argamassa endurecida ao substrato é um fenômeno essencialmente mecânico, devido, basicamente, à penetração da pasta aglomerante ou da própria argamassa nos poros ou entre as rugosidades da base de aplicação. Outra parcela menos significativa que contribui para a aderência das argamassas aos substratos são as ligações secundárias do tipo Van der Waals.

A aderência química pode ser proporcionada através da introdução de aditivos adesivos. Estes podem ser à base de PVA, polímeros e resinas. A introdução destes produtos se apresenta como uma opção para revestimento em bases com condições de porosidade, rugosidade e absorção de água onde a aderência mecânica é reduzida, como em estruturas metálicas [SANTOS, 2008a].

A resistência de aderência à tração do revestimento pode ser medida através do ensaio de arrancamento de aderência por tração. De acordo com a norma NBR 13749 (ASSOCIAÇÃO..., 1996), o limite de resistência de aderência à tração (Ra) para o revestimento de argamassa varia de acordo com o local de aplicação, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 - Limites da resistência de aderência à tração

Local		Acabamento	Ra (Mpa)
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	≥ 0,20
		Cerâmica ou laminado	≥ 0,30
	Externa	Pintura ou base para reboco	≥ 0,30
		Cerâmica	≥ 0,30
Teto		-	≥ 0,20

Fonte: NBR 13749 (ASSOCIAÇÃO..., 1996).

2.2.2.2.2 Capacidade de Absorver Deformações

De acordo com Maciel, Barros e Sabbatini (1998) *apud* Santos (2008a)⁶, a capacidade de absorver deformações é a propriedade que o revestimento apresenta quando

⁶ SANTOS, Heraldo B. dos. **Ensaio de Aderência das Argamassas de Revestimento**. 2008a. 50 f. Monografia – Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2008. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Monografia%20Heraldo%20Barbosa.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

exposto a pequenas tensões, tendo que suportá-las sem romper, para que isto não comprometa sua estrutura, aderência, estanqueidade e durabilidade.

As fissuras são decorrentes do alívio de tensões originadas pelas deformações da base. Elas são consideradas prejudiciais quando permitem a percolação de água no revestimento [SABBATINI e BAIA, 2008].

As deformações podem ser de grande ou pequena amplitude. O revestimento deve absorver as deformações de pequena amplitude, que ocorrem em consequência da ação da umidade ou da temperatura, mas não as de grande amplitude, provenientes de outros fatores, como recalques estruturais, por exemplo [CARASEK, 2007 *apud* SANTOS, 2008a⁷].

De acordo com Sabbatini e Baia (2008), dentre os fatores que interferem na capacidade de absorver deformações tem-se:

- Quanto menor o teor de cimento maior a capacidade de absorver deformações;
- A espessura das camadas. Espessuras maiores contribuem para melhorar essa propriedade. Porém, deve-se tomar cuidado para não se ter espessuras excessivas que poderão comprometer a aderência;
- As juntas de trabalho do revestimento. As juntas delimitam panos com dimensões menores, compatíveis com as deformações, contribuindo para a obtenção de um revestimento sem fissuras prejudiciais;
- Da técnica de execução. A compressão da argamassa na alvenaria, através do sarrafeamento e desempenho, iniciado no momento correto, contribui para o não aparecimento de fissuras.

2.2.2.2.3 Resistência Mecânica

Propriedade dos revestimentos de suportarem as ações mecânicas de diferentes naturezas, devido à abrasão superficial, ao impacto e à contração termoigroscópica. Essa propriedade depende do consumo e da natureza dos agregados e aglomerantes da argamassa empregada e da técnica de execução, que busca a compactação da argamassa durante a sua aplicação e acabamento [SABBATINI e BAIA, 2008].

A resistência mecânica é inversamente proporcional ao aumento da relação água/cimento da argamassa. A NBR 13281 (ASSOCIAÇÃO...,2005d) prescreve que os requisitos mecânicos e reológicos das argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos, devem estar em conformidade com as exigências indicadas na Tabela 5.

⁷ SANTOS, Heraldo B. dos. **Ensaio de Aderência das Argamassas de Revestimento**. 2008a. 50 f. Monografia – Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2008. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Monografia%20Heraldo%20Barbosa.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

Tabela 5 - Exigências Reológicas e Mecânicas das Argamassas

Características	Identificação	Limites	Método
Resistência à Compressão aos 28 dias (MPa)	I	$\geq 0,1$ e $< 4,0$	NBR 13279
	II	$\geq 4,1$ e $\leq 8,0$	
	III	$> 8,0$	
Capacidade de Retenção de Água (%)	Normal	≥ 80 e ≤ 90	NBR 13277
	Alta	> 90	
Teor de Ar Incorporado (%)	A	< 8	NBR 13278
	B	≥ 8 e ≤ 18	
	C	> 18	

Fonte: NBR 13281 (ASSOCIAÇÃO..., 2005d)

A norma NBR 13279 (ASSOCIAÇÃO..., 2005c) descreve o método para a determinação da resistência à compressão de argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos, no estado endurecido.

2.2.2.2.4 Permeabilidade

De acordo com Sabbatini e Baia (2008) a permeabilidade está relacionada à passagem de água pela camada de argamassa, que é um material poroso e permite a percolação de água tanto no estado líquido como no de vapor. É uma propriedade bastante relacionada ao conjunto base-revestimento.

A permeabilidade de uma argamassa depende basicamente da quantidade e do tipo de aglomerante utilizado, da granulometria do agregado e das características do substrato. Onde o cimento Portland, quando usado em proporções adequadas, pode reduzir bastante a permeabilidade de um revestimento argamassado, porém se usado em teores muito altos pode provocar a fissuração por retração hidráulica comprometendo assim a permeabilidade da argamassa [SANTOS, 2008b].

A permeabilidade não é uma função simples da porosidade, mas depende também das dimensões, distribuição e continuidade dos poros [NEVILLE, 1997 apud Santos, 2008b⁸].

2.2.2.2.5 Durabilidade

De acordo com John (1987) *apud* Gomes (2008)⁹:

⁸ SANTOS, Maria L. L. O. **Aproveitamento de resíduos minerais na formulação de argamassas para a construção civil**. 2008b. 165 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008. Disponível em: <http://btdtd.bczm.ufrn.br/tesesimplificado/tde_arquivos/25/TDE-2008-1114T103017Z-1560/Publico/MariaLLOS.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2012.

Durabilidade é a capacidade que um produto, componente, montagem ou construção, possui de manter o seu desempenho acima dos níveis mínimos especificados, de maneira a atender as exigências dos usuários, em cada situação específica.

Assim, a argamassa de revestimento deve ser capaz de resistir às ações físicas, químicas e mecânicas decorrentes das intempéries (variações de temperatura, abrasão, ações decorrentes de gases naturais ou artificiais) sem afetar as propriedades.

É uma propriedade do período de uso do revestimento, resultante das propriedades do revestimento no estado endurecido e que reflete o desempenho do revestimento diante das ações do meio externo ao longo do tempo.

Alguns fatores prejudicam a durabilidade do revestimento, tais como: a fissuração; a espessura excessiva; a cultura e proliferação de microrganismos; a qualidade das argamassas; a falta de manutenção [SABBATINI *et. al.*, 2008].

Outro fator importante a ser considerado quando se trata da durabilidade dos revestimentos deve-se a qualidade dos constituintes. O agregado miúdo, por exemplo, não pode apresentar impurezas orgânicas e, não pode ser potencialmente reativo com álcalis; a cal deve ter sido bem hidratada ou bem “queimada”, e não apresentar óxido de magnésio, em elevadas proporções.

2.3 ARGAMASSA DOSADA EM CENTRAL

2.3.1 Dados Estatísticos

A produção de cimento Portland, no ano de 2011, no Brasil, atingiu a marca de 64.211.272 toneladas. Deste total, 19.192.758 toneladas, cerca de 30% é destinado a consumidores industriais como, concreteiras (62,27%), indústrias de pré-moldados (8,15%), fibrocimento (7,78%), artefatos (15,22%) e na produção de argamassa para a Construção Civil (6,58%) [SNIC, 2012].

Neto *et. al.* (1999) afirma que tradicionalmente, no Brasil estima-se que 95% da argamassa é virada-em-obra, 4% correspondem argamassas industrializadas, e 1 % a argamassas dosadas em central (dentre elas a argamassa estabilizada). Porém, a produção desta última vem aumentando consideravelmente nos últimos anos sendo que a tendência

⁹ GOMES, Adailton. O. **Propriedades das Argamassas de Revestimentos e Fachadas**. Escola Politécnica da UFBA. Comunidade da Construção, Salvador, 2008. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/comunidades/salvador/ciclo3/htms/download/Propriedades_das_argamassas_de_revestimento_2008.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2012.

atual, principalmente nos grandes centros é de crescimento constante na utilização deste tipo de argamassa.

2.3.2 Histórico

O processo de industrialização das argamassas se iniciou na década de 1950 (SANTOS, 2012), porém foi somente na década de 70, na Alemanha Ocidental, que o fornecido da argamassa, na consistência desejada, utilizando-se recipientes abertos foi iniciado. Estas permaneciam de forma imutável por períodos de 2 a 3 dias. Nessa época, em função de uma crise no setor da indústria da construção civil, devido à baixa demanda de concreto usinado, houveram grandes investimentos na produção da argamassa dosada em central como uma forma de contornar a crise. Neste meio tempo grandes avanços nos estudos foram realizados, obtendo-se bons resultados [NETO *et. al.* 1999].

Porém, anos mais tarde, longe da crise, seguiu-se uma paralisação nos estudos e na produção da argamassa dosada em central, ficando esta como uma atividade complementar ou adicional ao concreto dosado em central [NETO *et. al.* 1999].

Somente na década de 80, com a política de “tempo é dinheiro”, é que a argamassa industrializada retornou ao mercado, principalmente devido ao desenvolvimento tecnológico das centrais de concreto usinado e a necessidade de uma argamassa com menor desperdício de materiais e com maior qualidade [NETO *et. al.*, 2010].

No Canadá, a argamassa estabilizada foi utilizada pela primeira vez por volta de 1980 e nos Estados Unidos em 1982 [PANARESE *et. al.*, 1991 *apud* CASALI *et. al.* 2012¹⁰]. No Brasil o primeiro registro foi em 1985 [NETO *et. al.*, 1999 *apud* CASALI *et. al.* 2012¹⁰].

2.3.3 Argamassa Estabilizada

Segundo Neto *et. al.* 2010, a argamassa estabilizada é uma argamassa úmida com determinada plasticidade, dosada em central, pronta para uso, que se mantém trabalhável por até 72 horas, dependendo de sua composição. Em uma argamassa tradicional, produzida em obra, o início de pega se dá em torno de 3 a 4 horas. Para retardar este tempo de pega e preservar as características da argamassa por um tempo pré-determinado, os fabricantes fazem a introdução de aditivos retardadores, além de incorporadores de ar.

¹⁰ CASALI, Juliana. M.; NETO Artur. M.; ANDRADE, Daniela. C. de, ARRIAGADA, Nicolle. T. **Avaliação das propriedades do estado fresco e endurecido da argamassa estabilizada para revestimento.** In: IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 2011, Belo Horizonte. **Anais eletrônicos...** Disponível em: < <http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/426-avaliacao-das-propriedades-do-estado-fresco-e-endurecido-da-argamassa-estabilizada-para-revestimento>>. Acesso em: 22 jun. 2012.

A produção é feita em centrais dosadoras, com um rígido controle de qualidade, o que garante a homogeneidade do produto e redução do risco do surgimento de patologias [SANTOS, 2012].

2.3.3.1 Composição

A argamassa estabilizada é geralmente, composta por aglomerantes, que podem ser tanto cimento e/ou cal, areia, água e aditivos estabilizadores de hidratação, plastificantes ou incorporadores de ar [SANTOS, 2012].

Entretanto, no Brasil, já foram produzidas argamassas dosadas em central, com adições como: escória de alto forno, pozolanas, e filler calcário [NETO et. al. 1999].

2.3.3.1.1 Aditivos estabilizadores de hidratação

Os aditivos estabilizadores de hidratação são colocados na argamassa estabilizada com o intuito de prolongar o tempo de pega do produto, fazendo com que se possa fazer a entrega da mistura com os caminhões betoneira, lançá-la dentro dos recipientes adequados e mantê-la utilizáveis por intervalo de tempo previamente estabelecido. O período com que a argamassa permanece estabilizada, isto é, mantém suas propriedades, varia de acordo com o tipo de cimento usado na mistura, teor do aditivo em relação ao consumo do aglomerante ou a composição química do estabilizador [TOKUDOME, 2008].

Os aditivos estabilizadores são retardadores de pega que possuem muitas vezes, junto à sua composição, a capacidade de influenciar na fluidez da argamassa estabilizada. Eles atuam sobre os elementos que desenvolvem a pega, a resistência nas primeiras idades e o calor de hidratação nos cristais de cimento, o aluminato tricálcico e o silicato tricálcico, inibindo o desenvolvimento da pega por um determinado tempo. Agem também no controle do calor de hidratação não deixando que os cimentos ou argamassas cheguem a altas temperaturas, uma das principais causas de fissuras e futuras permeabilidades, quedas de resistência e baixas na durabilidade. Com o retardo do início de pega, o calor de hidratação se distribui por maior espaço de tempo até o final da pega [DIPROTEC, 2010].

As substâncias mais comuns presentes nestes aditivos são carboidratos (açúcares), ácidos hidroxí-carboxílicos e dicarboxílicos, fosfatos e sais de chumbo e de zinco. Estas substâncias agem na adsorção dos compostos orgânicos sobre os grãos de cimento impedindo a hidratação, formando também precipitados salinos insolúveis sobre os grãos do aglomerante [VANDERLEI, 2013].

2.3.3.1.2 Plastificantes

Os aditivos plastificantes, que podem vir combinados na composição do aditivo estabilizador, ou adicionados separadamente dependendo do intuito da dosagem que se quer obter, são compostos orgânicos que quando aplicados ao concreto ou argamassas, revestem os grãos de cimento e provocam, por meio de cargas elétricas, repulsão entre esses grãos. Essa repulsão promove um melhor “escorregamento” entre os grãos, ou seja, permite obter uma mesma fluidez com menor quantidade de água [SILVA, 2013].

Como quando se utiliza o aditivo plastificante, a quantidade de água necessária para o fornecimento da trabalhabilidade de um material a base de cimento diminui significativamente, a quantidade de vazios presentes na argamassa irá diminuir e conseqüentemente existe um ganho na resistência mecânica deste produto.

Os aditivos plastificantes, assim como os incorporadores de ar, são considerados tenso ativo, pois possuem moléculas orgânicas de cadeias longas com uma extremidade hidrófila e outra hidrófoba, atuando na interface cimento – água. Os plastificantes tem, em sua composição, ácidos lignosulfonatos; ácidos carboxílicos hidroxilados; compostos polihidroxilados e por fim sais e modificações destes compostos [VANDERLEI, 2013].

Em seu mecanismo de ação ocorre a desfloculação dos grãos de cimento, redução de “grumos” e, conseqüentemente maior homogeneização dos grãos de cimento na matriz. Além disso, os plastificantes reduzem a tensão superficial da água [VANDERLEI, 2013].

2.3.3.1.3 Água

A água é indispensável para as reações químicas necessárias ao endurecimento de materiais à base de cimento. Entretanto a quantidade de água suficiente para permitir essas reações é bem menor que a necessária para conferir a mistura uma plasticidade adequada à sua utilização, resultando num excesso de água que sobra dentro da sua massa. Depois que se evapora toda essa água excedente, não utilizada nas reações, o espaço que estava sendo ocupado por ela, dentro da massa, transforma-se em bolhas e canálculos minúsculos [SILVA, 2013].

A NBR 15900 - 1 (ASSOCIAÇÃO..., 2009) especifica como regra geral que as águas potáveis são consideradas satisfatórias desde que apresentem os seguintes valores:

- pH entre 6,0 e 8,0;
- Matéria orgânica (em oxigênio consumido) = 5 mg/l;
- Resíduos sólidos = 4000 mg/l;
- Sulfatos (em íons SO_2) = 300 mg/l;
- Cloretos (em íons Cl^-) = 250 mg/l;

- Açúcar = ausente

As águas consideradas não potáveis, com suspeita de contaminação por efluentes industriais, que contenham cor e odor suspeitos, detritos, óleos, argila, silte, visíveis formações de matérias orgânicas (alga, por exemplo) e agentes agressivos podem ser utilizadas desde que apresentem sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos menores que 2000 mg/L; carbonatos e bicarbonatos alcalinos menores que 1000 mg/L; sulfetos em solução e magnésio inferiores a 15 mg/L e 150 mg/L respectivamente (ASSOCIAÇÃO..., 2009).

Quando a água da fonte de abastecimento não for conhecida, a sua utilização só pode se dar depois que novas e frequentes amostragens apresentarem, durante um período mínimo de dois meses, os valores exigidos para o seu uso (ASSOCIAÇÃO..., 2009).

2.3.3.1.4 Aditivos incorporadores de ar

De acordo com Bauer *et. al.* (2005), os aditivos incorporadores de ar são materiais orgânicos, apresentados na forma de solução. Quando adicionados às argamassas produzem uma quantidade controlada de bolhas microscópicas de ar que se dispersam uniformemente pela mistura. As bolhas são menores que 250 micra e bolhas menores que 10 micra não permanecem na mistura.

O aditivo incorporador de ar é adicionado às argamassas estabilizadas com o intuito de melhorar a trabalhabilidade, principalmente pela isenção de cal na maioria das misturas propostas para tal produto.

A utilização de aditivos incorporadores de ar aumenta a capacidade de deformação do sistema de revestimento, tem a retração, massa específica e exsudação normalmente reduzida [BAUER *et. al.*, 2005].

O rendimento das argamassas com aditivos incorporadores de ar é aumentado, devido à diminuição da massa específica, pela presença de microbolhas de ar no interior da mistura. Com essa diminuição, se consegue um maior volume de argamassa, para uma mesma quantidade de material anidro, ao se comparar com uma argamassa sem aditivos.

A presença do ar incorporado permite certa diminuição na quantidade de finos do agregado, sem alterar a tendência de segregação e exsudação da argamassa. Este fato implica também na redução da quantidade de água da mistura, para uma mesma condição de aplicação. A presença do ar incorporado nas argamassas, no estado fresco, provoca um ganho de consistência e plasticidade e facilita a aplicação do produto [BAUER *et. al.*, 2005].

De acordo com Vanderlei (2013), as substâncias mais comuns utilizadas como princípio ativo de incorporação de ar são as resinas vinsol (aniômico), ácido abiético, ácido

oleico, ácido cáprico, alquil-sulfonatos, alquil-fenóis etoxilados (não iônico) e por fim sais de alquil-amônio.

2.3.3.2 Aplicações

A argamassa estabilizada pode ser utilizada para o assentamento, emboços e rebocos internos e externos, regularização de pisos, sacadas, soleiras e marquises, rejunte de telhas, entre outros [SANTOS, 2012].

2.3.3.3 Vantagens

São muitas as vantagens da utilização da argamassa estabilizada em relação aos diversos outros tipos de argamassas, como a produzida em canteiro e a industrializada.

De acordo com Neto *et. al.* 2010, o uso de argamassas dosadas em central elimina a estocagem de materiais como cimento, areia e cal em obra, com conseqüente ganho de espaço e diminuição do desperdício. Este ganho de tempo pode ser representado esquematicamente por meio das Figuras 5 e 6, onde se apresentam os processos adotados na produção das argamassas convencionais e das argamassas estabilizadas, respectivamente.

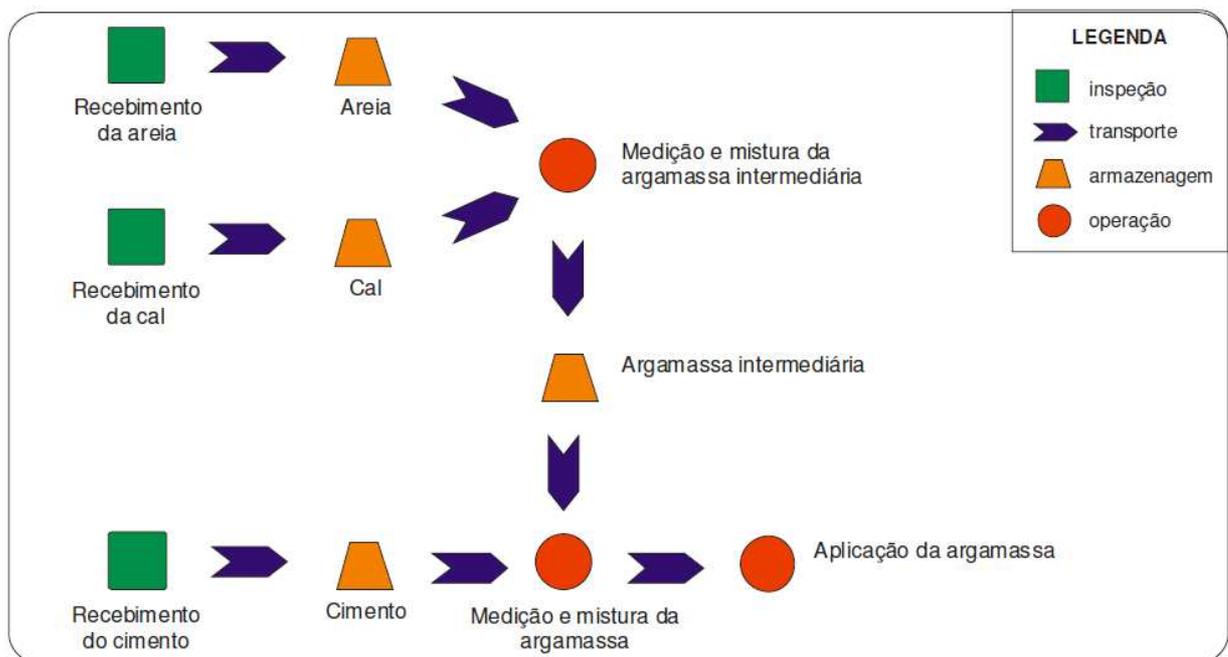


Figura 5: Fluxograma dos processos para argamassa mista preparada em obra
Fonte: Oliveira, 2006.

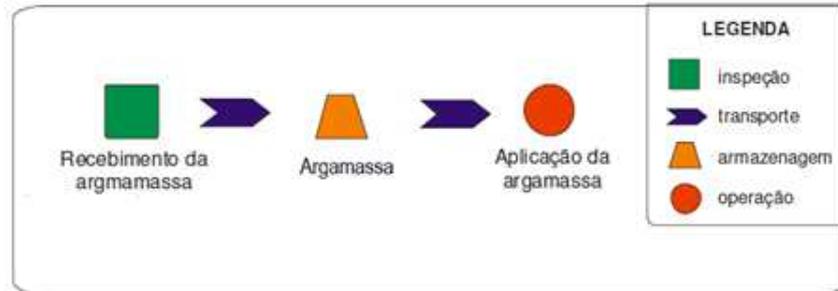


Figura 6: Fluxograma dos processos para argamassa estabilizada
Fonte: Adaptado de Oliveira, 2006.

Nota-se que a argamassa preparada em canteiro envolve um maior número de etapas, gasto de tempo com transporte, maiores áreas de armazenagem, maior controle e consequentemente maior utilização de mão-de-obra [OLIVEIRA, 2006].

Dentre os benefícios que podem ser percebidos visualmente em uma obra que utiliza a argamassa dosada em central, podem-se citar a limpeza e organização [SANTOS, 2012].

De acordo com o engenheiro Antônio César Lima, da Sial Construções Civis Ltda, a utilização da argamassa dosada em central é fundamental para obras que necessitam de rapidez na execução. Já que a agilidade e a praticidade de manuseio são algumas das vantagens desta argamassa. [SANTOS, 2012].

Outras vantagens da argamassa dosada em central, citadas por Santos (2012) quando comparada com argamassas convencionais feitas em obras, são:

- A melhor homogeneidade, resultando em melhor acabamento;
- Facilidade de carga e descarga;
- Redução de pontos de água e eletricidade, necessários aos equipamentos, como por exemplo, betoneiras e mangueiras;
- Precisão do custo da argamassa, melhorando fatores como a composição de serviços e, consequentemente, acarretando em maior precisão dos orçamentos das empresas e construtoras;
- Menor esforço do pedreiro, o que, em tese, reduz o risco de problemas laborais;
- Produtos específicos para cada utilização e normalizados.

Nelson *et al.* (1988) *apud* CASALI *et. al.* (2011)¹¹, ao comparar três argamassas estabilizadas para assentamento com a convencional percebeu que as primeiras apresentaram maior resistência de aderência e menor retração.

¹¹ CASALI, Juliana. M.; NETO Artur. M.; ANDRADE, Daniela. C. de, ARRIAGADA, Nicolle. T. **Avaliação das propriedades do estado fresco e endurecido da argamassa estabilizada para revestimento.** In: IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 2011, Belo Horizonte. **Anais eletrônicos...** Disponível em: < <http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/426-avaliacao-das-propriedades-do-estado-fresco-e-endurecido-da-argamassa-estabilizada-para-revestimento>>. Acesso em: 22 jun. 2012.

Também, Martins Neto e Djanikian (1999) *apud* CASALI *et. al.* (2011)¹² compararam quatro argamassas estabilizadas com retardamento da pega do cimento de 12 horas e duas argamassas mistas. Os resultados mostraram que as primeiras apresentaram aumento no teor de ar incorporado, aumento na resistência à compressão e na aderência.

Com relação ao custo, o de um produto industrializado é geralmente superior ao custo de um produto convencional preparado na obra. Entretanto, em estudo realizado por Oliveira (2006) constatou que a argamassa industrializada teria uma redução de custos de 5,7% dos custos diretos totais. Isso sem considerar os custos indiretos, mitigação dos riscos (redução do risco a valores aceitáveis) de patologia e um produto de qualidade superior. As informações foram colhidas em uma obra de médio padrão na cidade de São Paulo no bairro do Itaim Bibi.

2.3.3.4 Desvantagens

Estudos sobre a viabilidade de utilização da argamassa estabilizada em obra (TAVARES, 2008; SILVA, 2008; NETO *et. al.* 2010 *apud* CASALI *et. al.*, 2012)¹² apontam algumas desvantagens, como por exemplo, a redução ou perda de fluidez da argamassa ao longo do tempo (dependendo do tipo de cuidados com esta argamassa), maior tempo de espera para realizar o desempenho da argamassa e menor número de fiadas por dia (diminuição na espessura da junta).

Outra desvantagem é a carência de informações no assunto, principalmente em relação às propriedades das argamassas no estado fresco (consistência, perda de consistência e retenção de água).

2.3.3.5 Recomendações

Para o aproveitamento de todas as vantagens da argamassa estabilizada, é necessária boa informação a respeito do produto e assessoramento nas obras [SANTOS, 2012].

Outro fator importante, recomendado pelo fabricante, é o processo de armazenamento da argamassa, segundo Casali *et. al.* (2012) deve-se alisar a superfície e em seguida aplicar uma camada de aproximadamente 15 mm de água sobre a argamassa.

¹² CASALI, Juliana. M.; NETO Artur. M.; ANDRADE, Daniela. C. de, ARRIAGADA, Nicolle. T. **Avaliação das propriedades do estado fresco e endurecido da argamassa estabilizada para revestimento.** In: IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 2011, Belo Horizonte. **Anais eletrônicos...** Disponível em: < <http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/426-avaliacao-das-propriedades-do-estado-fresco-e-endurecido-da-argamassa-estabilizada-para-revestimento>>. Acesso em: 22 jun. 2012.

No dia seguinte deve-se remover a camada de água, misturar e aplicar a argamassa. Porém de acordo com o mesmo autor, essa prática não é realizada em obra, pois segundo os usuários, no dia seguinte a camada de água fica como uma “nata” e após removê-la a argamassa apresenta fluidez elevada.

Casali *et. al.* (2012), analisando cinco lotes de 36 e 72 horas e com dois processos de armazenamento da argamassa estabilizada, percebeu que o processo de armazenamento e o tempo de utilização influenciaram o teor de ar incorporado, a retenção de água, a resistência à compressão e tração. Os maiores valores de resistência foram obtidos nas argamassas de 36 horas e nos lotes sem a colocação da película de água. Além disso, verificou-se que com a colocação da película a queda do índice de consistência é menor do que “sem a película”. No entanto, a perda de consistência avaliada no mesmo dia apresentou variações muito pequenas.

Para aplicação desta argamassa, a base em alvenaria deve estar em umidade adequada para sua aplicação, sendo o substrato previamente umedecido, para que a água de amassamento da argamassa estabilizada não seja perdida para os poros dos blocos da alvenaria de vedação. Além disso, a cura da argamassa se faz importante, principalmente quando há altas temperaturas ou ventos fortes. Em dias de chuva, quando a parede não estiver protegida, não se recomenda a aplicação da argamassa, o que evita a aparição de erosões nas juntas [SANTOS, 2012].

2.4 ADITIVOS A BASE DE COPOLÍMEROS (ADITIVOS ADESIVOS)

Os polímeros são compostos por macromoléculas (com grande tamanho e/ou massa molecular) constituídas pelas repetições de moléculas menores, que são chamadas de monômeros [FLORENZANO, 2008].

Os polímeros são formados através de sucessivas reações entre os monômeros correspondentes. Quando estas reações ocorrem com monômeros de espécies químicas diferentes tem-se a formação de macromoléculas conhecidas como copolímeros [FLORENZANO, 2008].

Existe no mercado uma grande quantidade de tipos de polímeros, derivados de diferentes compostos químicos. Cada polímero é mais indicado para uma ou mais aplicações dependendo de suas propriedades físicas, mecânicas, elétricas, óticas, entre outras [ROCHA *et. al.*, 2007].

Os copolímeros acrílicos vêm sendo largamente utilizados na fabricação de aditivos para concretos e argamassas, fornecendo uma maior ligação entre a base cimentícia com os substratos nas quais as misturas são aplicadas.

Um polímero é chamado de acrílico quando o monômero inicial tem o esqueleto do ácido acrílico [PINTO *et. al.*, 2007].

O aditivo utilizado na pesquisa tem como composto químico uma dissolução de copolímeros de estireno butadieno. Esta substância surge através da reação entre o estireno e o 1,3-butadieno, tendo o sódio metálico como catalizador [PINTO *et. al.*, 2007].

O butadieno é um monômero utilizado na fabricação de elastômeros de grande interesse econômico no mercado mundial. Os elastômeros do butadieno mais utilizados comercialmente são o copolímero de butadieno-estireno (SBR) [ROCHA *et. al.*, 2007].

Uma ampla variedade de produtos pode ser feito com SBR, onde os principais segmentos, que concentram a utilização de SBR, referem-se a pneus e bandas de rodagem, além de dissoluções para uso industrial (produção de aditivos adesivos) [ROCHA *et. al.*, 2007].

Por definição, os adesivos são substâncias capazes de manter dois materiais unidos pela junção de suas superfícies. Os adesivos vêm se tornando importantes especialmente nas últimas décadas, devido à grande disponibilidade e crescente variedade de materiais, exigindo grande confiabilidade de colagem [FLORENZANO, 2008].

Borrachas SBR (copolímero de butadieno-estireno) podem ser utilizadas como componente base em adesivos elastoméricos, e também como aditivos para ajustar propriedades de outros adesivos baseados em elastômeros. Comparados aos adesivos de borracha natural, os adesivos de SBR têm melhor resistência à temperatura e menor absorção de água. Adesivos de SBR estão disponíveis em grande variedade de formulações que podem ser dispersões aquosas ou soluções orgânicas [PINTO *et. al.*, 2011].

3 METODOLOGIA

A fim de resumir as etapas da pesquisa descritas, foi elaborado um fluxograma, apresentado na Figura 7.

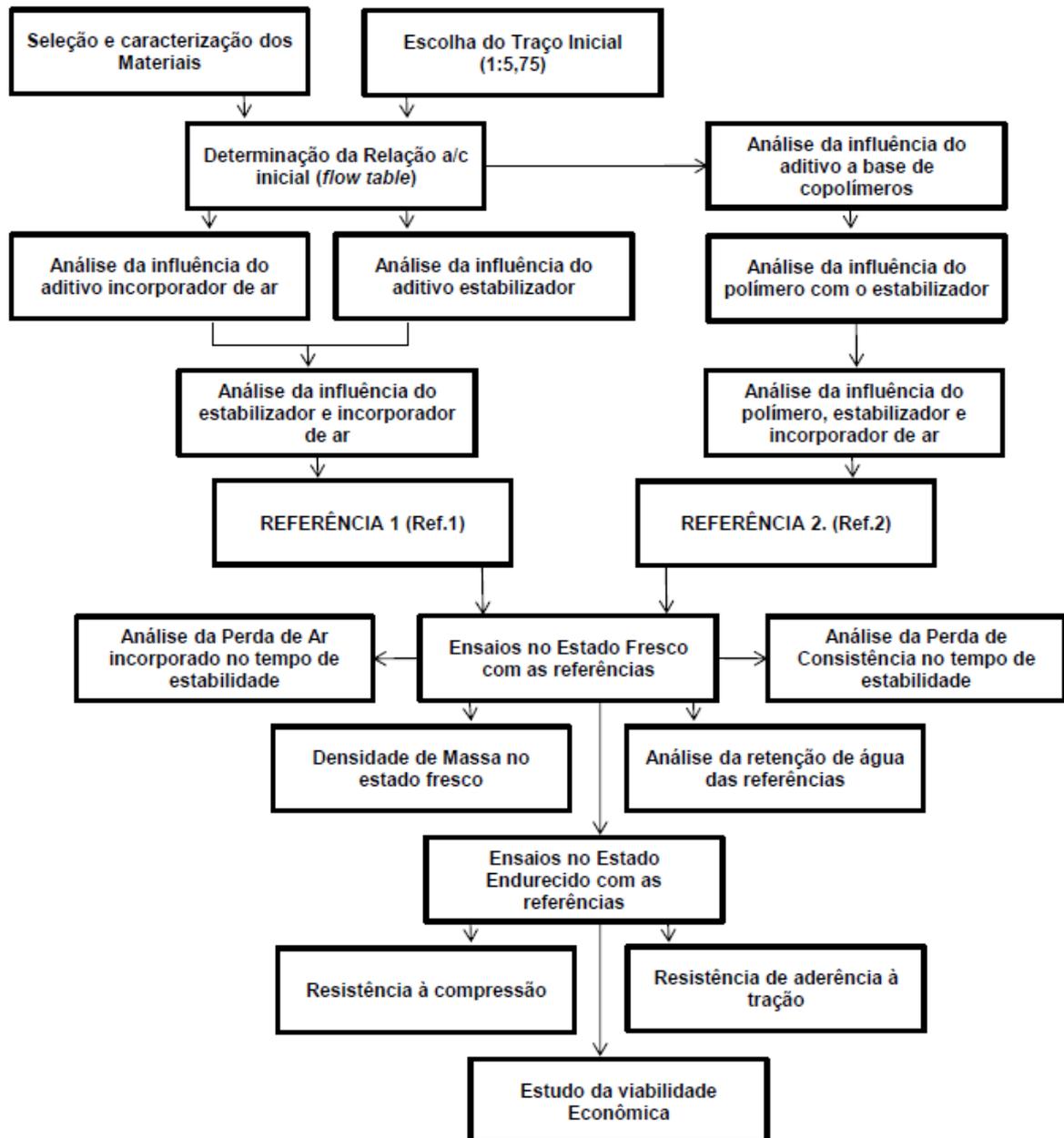


Figura 7: Fluxograma das etapas da pesquisa
Fonte: Autores, 2012.

O estudo baseou-se inicialmente na confecção de uma argamassa de cimento, areia e água, sem o coquetel de aditivos comumente utilizados para argamassas

estabilizadas, isto é, sem aditivo plastificante retardador que estende a pega da argamassa (estabilizador) e sem aditivo incorporador de ar.

Para encontrar a quantidade de cada um destes produtos químicos dentro da argamassa, partiu-se de um traço adaptado de Nunes (2010), que especifica o consumo de materiais por m³ de argamassa produzida. Este traço foi escolhido porque a granulometria do agregado miúdo que Nunes (2010) utilizou é muito semelhante à utilizada neste trabalho. Em seu estudo, Nunes (2010) utiliza cal hidratada para ajudar na trabalhabilidade da argamassa estabilizada, porém nesta pesquisa este aglomerante foi substituído totalmente pelo aditivo incorporador de ar, e posteriormente, pelo aditivo colante e parte do aditivo incorporador (na argamassa estabilizada modificada que será comparada com esta que é a referência), já que o primeiro possui capacidade de incorporação de ar.

O traço unitário especificado por Nunes (2010) é de 1 : 5,75 (cimento : areia).

Com o traço unitário, considerou-se que a argamassa inicial/ideal seria aquela que apresentasse espalhamento próximo de 250 mm \pm 20 na *flow-table*. Tendo este primeiro objetivo em mente, determinou-se a quantidade de água necessária para obter o referido espalhamento, para tanto foi empregado o método de ensaio descrito no item 3.2.1. Adicionaram-se relações água/cimento de 0,75; 0,80; 0,85; 0,90; 0,95 e 1,00 até encontrar o diâmetro de espalhamento próximo ao ideal (250 \pm 20 mm).

Com a quantidade de água determinada experimentalmente, iniciou-se a colocação do incorporador de ar na argamassa (0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4%, 0,5% e 0,6% de aditivo em relação à massa de cimento da mistura de acordo com as recomendações dos fabricantes). Assim determinou-se experimentalmente a quantidade de ar incorporado, empregando-se o método de ensaio proposto pela NBR 13278 (ASSOCIAÇÃO..., 2005b) (de acordo com o item 3.2.3) e o espalhamento das argamassas no traço 1:5,75:1 (cimento: areia: água) para cada adição de incorporador de ar, verificou-se as influências do aditivo sobre comportamento da argamassa no estado fresco. Sendo que a relação água/cimento que mais se aproximou da ideal foi a de 1.

Tendo analisado, experimentalmente, a quantidade de água e de aditivo incorporador de ar, em separado e em conjunto, adequados ao atendimento das especificações da norma, era ainda necessário determinar a quantidade de aditivo plastificante estabilizador. Para tanto, foram testadas as adições de (0,3%, 0,4%, 0,5%, 0,6% e 0,7%) em relação à massa de cimento e de acordo com as especificações dos fabricantes. Na medida em que se produziam as argamassas, com estes diferentes teores de aditivos plastificantes estabilizadores, realizavam-se os ensaios para determinar o ar incorporado e a medida de espalhamento, na *flow table*, verificando se as mesmas atendiam ou não as especificações de Norma.

Após a determinação da adição individual de cada um dos componentes químicos da argamassa estabilizada determinou-se, a partir da análise das curvas de estabilidade o teor de saturação do aditivo incorporador de ar e do aditivo estabilizador.

Contudo é importante lembrar que a ação conjunta, desses dois aditivos e da água, varia de acordo com o traço utilizado para estes, sendo que para a determinação deste uma análise de adição individual de cada componente é importante, mas não suficiente.

Sendo assim para determinar a primeira argamassa estabilizada de referência produziu-se uma mistura de cimento, areia e teor de aditivo incorporador de ar com relações água/cimento de 0,95 e 1,0, adicionando-se aditivo plastificante retardador (estabilizador), em porcentagens de 0,4%, 0,5%, 0,6% e 0,7%. O objetivo desta etapa foi avaliar como os parâmetros teor de ar incorporado e diâmetro de espalhamento determinado na *flow table* agem com adição do estabilizador e incorporador de ar, em conjunto, e se comportam inicialmente e no decorrer do tempo.

Os teores iniciais das argamassas descritas anteriormente que obtiveram um melhor desempenho inicial (0 horas) foram avaliados no decorrer do tempo (24 horas, 48 horas e 72 horas de estabilidade). A argamassa com melhor resultado quanto a perda de consistência e na perda de trabalhabilidade (menor perda de ar incorporado) foi escolhida como traço de referência (Ref.1).

Após, iniciaram-se os estudos com a adição do aditivo a base de copolímeros. Inicialmente confeccionou-se uma argamassa de traço unitário 1:5,75:0,95 (cimento: areia: água) e adicionou-se o aditivo a base de copolímeros de estireno butadieno, analisando-se o teor de ar incorporado inicial, com porcentagens de aditivo adesivo de 0,5%, 1,0% e 1,5% (recomendadas pelo fabricante). O objetivo desta etapa foi definir qual a capacidade deste aditivo de incorporação inicial de ar e qual a sua influência no espalhamento da argamassa.

Utilizando o mesmo percentual de aditivo estabilizador considerado ideal nos estudos da argamassa de referência 1 (Ref.1), confeccionaram-se seis argamassas, com relações água/cimento de 0,90 e 0,95, com 0,50%, 1,0% e 1,5% de aditivo adesivo e com o teor de aditivo estabilizador determinado anteriormente nos estudos da Ref.1. Cada uma destas argamassas foi avaliada quanto à perda de ar incorporado e perda de consistência com o passar do tempo (0, 24, 48 horas). O principal objetivo desta etapa da pesquisa foi avaliar se somente a presença do aditivo adesivo e o estabilizador (sem o aditivo incorporador de ar) eram capazes de manter a trabalhabilidade da argamassa com o passar das horas.

A próxima etapa utilizou o mesmo percentual de aditivo estabilizador considerado ideal nos estudos da argamassa de referência 1 (Ref.1), relação água/cimento de 0,90, teores de aditivos adesivos de 0,5%, 1,0% e 1,5% e uma fração de aditivo incorporador de ar, totalizando três argamassas distintas. Cada uma destas argamassas foi avaliada quanto

à perda de ar incorporado e perda de consistência com o passar do tempo (0, 24, 48 horas). O principal objetivo desta etapa da pesquisa foi avaliar qual a influência de uma pequena adição de aditivo incorporador de ar na manutenção da trabalhabilidade e na perda de consistência da argamassa com o passar das horas.

Com estes ensaios foi possível verificar a diferença entre a utilização apenas do aditivo plastificante e do adesivo na manutenção da estabilidade contrapondo estes dados com o de incorporação de ar e consistência das argamassas com polímero adesivo, estabilizador e uma pequena porcentagem do aditivo incorporador de ar.

Analisando-se estes dados foi possível determinar a segunda argamassa de referência (Ref.2), contendo cimento, areia, água, pequena fração de aditivo incorporador de ar, aditivo adesivo a base de copolímeros de estireno butadieno e aditivo estabilizador.

Com as referências 1 e 2 encontradas, confeccionaram-se argamassas estabilizadas para a análise da perda de ar incorporado e perda de consistência em diversos intervalos de tempo. As análises foram efetuadas a 0, 2, 4, 8, 12, 24 e 36 horas de estabilidade traçando-se curvas que demonstram o comportamento da argamassa estabilizada no decorrer de sua vida útil.

As referências foram moldadas para verificação da resistência mecânica à compressão nas idades de 7, 14 e 28 dias, de acordo com o item 3.2.5, para analisar se a presença do aditivo adesivo e uma menor quantidade de aditivo incorporador de ar na REF 2 influenciam num ganho maior de resistência da argamassa proposta pela pesquisa em contraponto a argamassa Ref.1, que é muito semelhante a comercializada pelas usinas de concretagem.

No próximo passo as argamassas Ref.1 e Ref.2 foram confeccionadas e ensaiadas quanto à retenção de água, conforme descrito no item 3.2.2. As medições foram efetuadas logo após a fabricação (0 horas) e após 36 horas (final da estabilidade), para analisar se a presença do aditivo adesivo e uma menor quantidade de aditivo incorporador de ar na Ref. 2 influenciam numa maior retentividade argamassa proposta pela pesquisa em contraponto a argamassa Ref.1.

Por fim, as argamassas Ref.1 e Ref.2 foram confeccionadas e utilizadas como revestimento sobre uma parede de blocos cerâmicos para posteriormente medir-se a aderência destas com o substrato (de acordo com o item 3.2.6). As duas misturas foram aplicadas diretamente sobre a alvenaria e também sobre o chapisco, permitindo assim analisar qual a influência do aditivo polimérico sobre o substrato, comparando esta aderência com a da argamassa estabilizada de referência 1 diretamente sobre o substrato (sem chapisco). As duas argamassas foram aplicadas também sobre o chapisco para ter-se uma referência de resistência de aderência à tração em revestimentos que já são comumente utilizados na indústria da construção civil. Como o objetivo desta pesquisa é

colocar esta argamassa diretamente sem o chapisco foi importante avaliar qual a influência da resistência destas sobre a aderência física do chapisco como substrato e a aderência química da argamassa sobre a parede de blocos cerâmicos diretamente. O ensaio de arrancamento foi realizado na idade de 14 dias.

Finalmente calculou-se a viabilidade econômica da produção das argamassas e qual o impacto financeiro causado pelo uso da Ref.2 diretamente na alvenaria sem utilização do chapisco.

3.1 MATERIAIS

Este item apresenta a descrição dos materiais utilizados na pesquisa.

3.1.1 Cimento

O cimento utilizado para confecção das argamassas foi o CP II F 32, fabricado pela Itambé. A Tabela 06 mostra as características deste cimento.

Tabela 6: características do cimento CP II F 32

Propriedades Químicas											
média 12/12	Al₂O₃	SiO₂	Fe₂O₃	CaO	MgO	SO₃	P. Fogo	CaO L.	R. Ins.	Eq. Alc	
	4,06	19,1	2,64	60,51	4,86	1,96	4,59	1,46	1,48	0,61	
Propriedades Físicas											
média 12/12	Exp. Quente	Tempo de Pega (h:min)		Cons. Normal	Blaine	#200	#325	Resistência à Compressão			
		Início	Final					1 Dia	3 Dias	7 Dias	28 Dias
	0,5	03:43	04:35	26,7	3272	1,79	10,7	12,2	23,3	29,5	38,5

Fonte: Itambé, 2012.

Este cimento apresenta massa específica aparente entre 0,9 a 1,2 g/cm³ a 20 °C e massa específica absoluta de 2,8 a 3,2 g/cm³ a 20°C [ITAMBÉ, 2012].

3.1.2 Areia

A caracterização do agregado miúdo natural utilizado na pesquisa baseou-se na composição granulométrica, determinação da dimensão máxima característica, módulo de finura, massa específica teórica, percentual de material pulverulento e por fim a avaliação da curva granulométrica, juntamente com os limites inferiores e superiores utilizados comercialmente em usinas de produção da argamassa estabilizada. A finalidade da

avaliação da areia utilizada na pesquisa em comparação com a areia utilizada pela indústria para a produção de argamassa estabilizada fundamenta-se no fato deste produto possuir características que são definidas de acordo com a composição do agregado miúdo utilizado. Caso a areia utilizada para o desenvolvimento das referências utilizada no trabalho fosse muito distinta da utilizada pela indústria ficaria difícil compor uma argamassa estabilizada que pudesse ser comparada com a distribuída comercialmente na região e em todo o estado do Paraná.

A Tabela 07 apresenta as massas e porcentagens retidas das amostras de areias ensaiadas, a variação entre as porcentagens retidas para verificar a necessidade de se efetuar ou não o ensaio novamente e por fim as médias das porcentagens retidas em cada malha da peneira e as porcentagens retidas acumuladas. O ensaio seguiu os requisitos previstos na NBR NM 248 (ASSOCIAÇÃO..., 2003a).

Tabela 7: Ensaio de granulometria da areia utilizada na pesquisa.

Peneiras # (mm)	Amostra 1		Amostra 2		Variação (%)	Médias	
	Massa Retida (g)	% retida	Massa Retida (g)	% retida		% Retidas	% Retida Acumulada
9,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,40	6,00	1,00	4,00	0,70	0,30	0,90	0,90
1,20	16,00	2,70	18,00	3,10	0,40	2,90	3,80
0,600	48,00	8,20	52,00	9,00	0,70	8,60	12,40
0,300	255,00	43,70	253,00	43,60	0,20	43,60	56,00
0,150	227,00	38,90	222,00	38,30	0,60	38,60	94,60
0,075	30,00	5,10	29,00	5,00	0,10	5,10	99,70
Fundo	2,00	0,30	2,00	0,30	0,00	0,30	100,00

Fonte: Autores, 2013.

A análise granulométrica por meio de curvas é um método gráfico para avaliar e comparar as porcentagens retidas acumuladas de determinados agregados. Esta análise é muito útil quando já possuímos um padrão granulométrico, e desejamos saber se um novo agregado se enquadra dentro dos limites estabelecidos. A Figura 08 apresenta a distribuição granulométrica da areia comparada com os limites inferiores e superiores utilizados comercialmente pelas fabricantes regionais de argamassas estabilizadas.

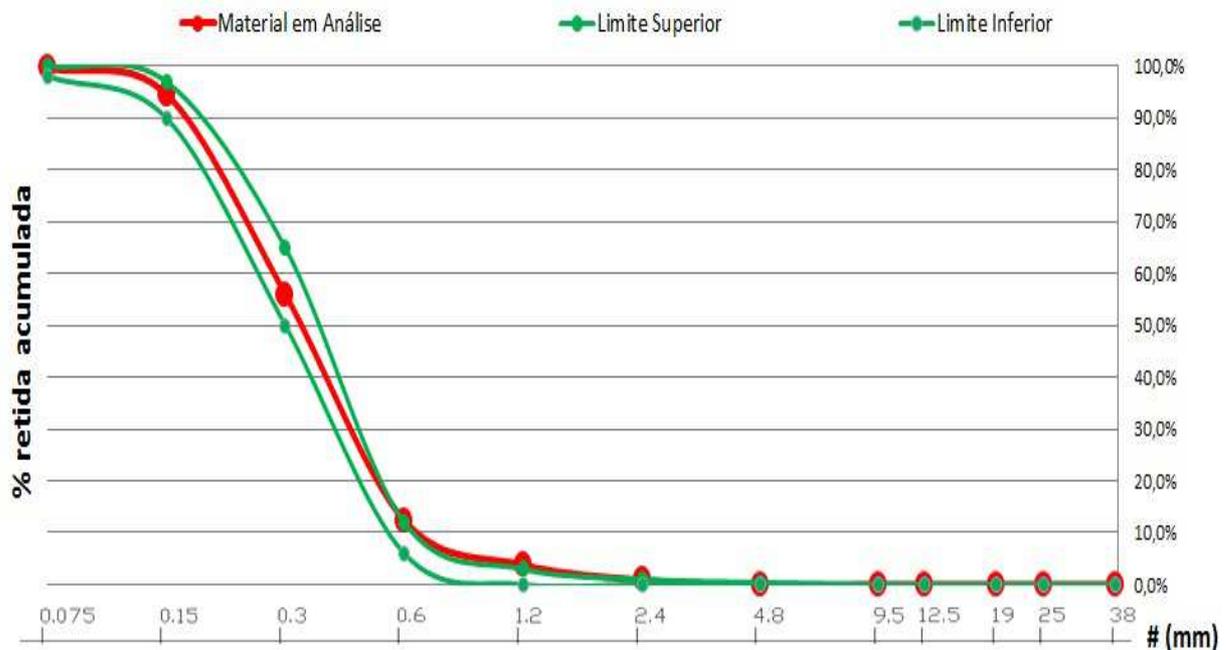


Figura 8: Curva granulométrica da areia utilizada na pesquisa.
Fonte: Autores, 2013.

Analisando-se a Figura 08 percebe-se que a areia utilizada para a confecção das argamassas em estudo classifica-se dentro das curvas propostas comercialmente. Caso esta areia se enquadrasse fora dos limites inferiores e superiores propostos seria necessário fazer uma composição para que a curva granulométrica se encaixasse no modelo proposto.

3.1.2.1 Dimensão Máxima Característica e Módulo de Finura

A areia ensaiada possui dimensão máxima característica (DMC) de 2,40 mm. Este parâmetro faz referência ao grão de maior dimensão encontrado no ensaio de granulometria e a probabilidade de encontrarmos um grão ainda maior no agregado como um todo. O valor da DMC é adotado como sendo a peneira de maior dimensão que contenha uma porcentagem retida acumulada igual ou inferior a 5%. Caso a maior peneira com material retido apresente uma porcentagem retida acumulada superior a 5% adota-se a peneira imediatamente acima como sendo a DMC do agregado (CONTROLE TÉCNICO HOBIMIX, 2011).

O módulo de finura (MF) encontrado para o agregado em análise é de 1,68. O MF é de grande utilidade quando se quer ter uma ideia rápida da distribuição granulométrica de um agregado, no entanto a utilização do MF não dispensa a análise dos demais parâmetros da granulometria. O MF de finura é obtido com a soma das porcentagens retidas acumuladas nas peneiras da série normal (excluindo a peneira de 0,075 mm e o fundo) dividido por 100 (CONTROLE TÉCNICO HOBIMIX, 2011).

3.1.2.2 Material Pulverulento

O processo de determinação deste parâmetro segue a NBR NM 46 (ASSOCIAÇÃO..., 2003b) e consiste em medir a quantidade de material passante na peneira 0,075mm, por lavagem.

Seca-se a amostra de ensaio na estufa, pensando-a posteriormente (Ms). Após coloca-se esta quantia de material sobre a peneira de abertura 0,075 mm e procedesse a lavagem do material sobre a peneira, até que não haja quantidade de material passante presa à peneira.

Após, recolhesse a amostra que ficou retida (Mr) e esta é colocada para secar em estufa com temperatura controlada. Posteriormente determina-se a quantidade de material passante, diminuindo-se Ms e Mr, sendo assim possível calcular o percentual de material pulverulento.

Assim, encontrou-se um percentual de material pulverulento de 4,23%.

3.1.3 Aditivo incorporador de ar

Foi utilizado o aditivo incorporador de ar MAXCHEM AE 10. Este é um produto desenvolvido para fabricação de argamassas dosadas em central de concreto, composto por matérias primas de origem natural, que promovem altas taxas de incorporação de ar sem alterar as características originais de pega da argamassa. MAXCHEM AE 10 é compatível com todos os tipos de cimento Portland e atende os requisitos da norma ABNT NBR 11768 (tipo IA). Deve ser utilizado nas argamassas onde se necessita de uma incorporação de ar até 20%. Pode ser utilizado em argamassas destinada a assentamento em geral, emboço, chapisco e revestimentos internos e externos. As microbolhas geradas por esse aditivo se distribuem homoganeamente na argamassa reduzindo a exsudação de água e permitindo uma maior aderência da argamassa ao substrato. Conferindo a argamassa propriedades como:

- Maior trabalhabilidade, mesmo com falta de materiais finos;
- Maior coesão;
- Melhor acabamento;
- Maior aderência da argamassa em diversos substratos;
- Aumento da resistência à agentes agressivos;
- Aumento da resistência a ciclos de gelo-degelo;
- Redução da fissuração
- Aumento da durabilidade.

A Tabela 08 mostra as características técnicas deste aditivo.

Tabela 8: Características Técnicas do aditivo incorporador de ar.

Aspecto:	Líquido
Cor:	Marrom avermelhado
pH (23°C)	10,00 a 12,00
Massa específica (23°C):	0,990 a 1,030 kg/L
Teor de cloretos:	Não contem cloretos

FONTE: MAXCHEM, 2012a.

3.1.4 Aditivo retardador de pega

Foi utilizado o aditivo plastificante retardador de pega MAXCHEM AE 20. Este é um produto foi desenvolvido para fabricação de argamassas dosadas em central de concreto que necessitem determinado tempo de estabilidade. MAXCHEM AE 20 promove altas taxas de redução e água combinado a efeitos de retardamento de pega para fabricação de argamassa de até 48 horas de estabilização, dependendo da porcentagem de aditivo utilizada. Pode ser utilizado em dosagens de 0,1% a 1,5% sobre o peso de cimento dependendo do tempo de estabilização desejado, das condições climáticas e dos materiais utilizados na fabricação da argamassa. É compatível com todos os tipos de cimento Portland e atende os requisitos da norma ABNT NBR 11768 (tipo PR). Confere as argamassas as seguintes propriedades:

- Maior tempo de trabalhabilidade;
- Melhora das resistências;
- Aumento do tempo de hidratação do cimento;
- Redução de fissuração
- Aumento da durabilidade.

MAXCHEM AE 20 pode ser utilizado em argamassas destinada à assentamento em geral; emboço; chapisco e revestimentos internos e externos. A Tabela 09 mostra as características técnicas deste aditivo.

Tabela 9: Características Técnicas do aditivo retardador de pega.

Aspecto:	Líquido
Cor:	Marrom escuro
pH (23°C)	6,00 a 8,00
Massa específica (23°C):	1,150 a 1,210 kg/L
Teor de cloretos:	Não contem cloretos

FONTE: MAXCHEM, 2012b.

3.1.5 Aditivo adesivo (copolímero)

Neste trabalho utilizamos o produto TEC-FIX PLUS, um aditivo promotor de aderência, fabricado pela Rheoset Indústria e Comércio de Aditivos Ltda. Segundo a empresa, TEC-FIX PLUS é uma dispersão aquosa de copolímero de estireno butadieno com faixa de concentração de 6,0%. Este produto é compatível com o cimento e proporciona alta aderência dos rebocos, revestimentos, e chapiscos aos seus respectivos substratos. Pode ser utilizado como cola, quando adicionado a uma argamassa de aderência ou pasta de cimento. Porém, também pode ser utilizado como aditivo quando incorporado a uma argamassa de consistência normal. A Tabela 10 apresenta algumas propriedades deste aditivo.

Tabela 10: Características Técnicas do copolímero.

Estado Físico	Líquido
Cor e odor	Branco leitoso com odor característico
Peso específico g/cm³	1,00 +/- 0,02 g/cm ³
Voláteis (% em peso)	94,0%
pH (produto puro)	5,0 +/- 1,0
Solubilidade em água	Sim

Fonte: Rheoset, 2010.

Como cola, TEC-FIX PLUS, é indicado para garantir a aderência da argamassa fresca ao suporte já incorporado à argamassa de consistência normal, confere à mesma alta aderência, elasticidade, compacidade e aumenta a resistência mecânica, sendo recomendado para argamassas em geral, chapiscos auto aderentes, reparos de concreto aparente ou alvenaria, cola para argamassa de assentamento e colas para tintas em pó.

Como cola, este produto é adicionado à água de amassamento, sendo utilizada argamassas com traço 1:2 (cimento: areia média), com solução de 1:2 (TEC-FIX PLUS: água). Sendo que a argamassa ou pasta é esfregada na superfície úmida e limpa, com um vassourão ou escova (piso) em forma de chapisco (paredes e forros).

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Índice de consistência e perda de consistência

A aparelhagem necessária à execução do ensaio de acordo com a NBR 13276 (ASSOCIAÇÃO..., 2005) é a seguinte:

- Balança com resolução de 0,1 g;
- Mesa para índice de consistência, conforme a NBR 7215 ;
- Molde tronco cônico, conforme a NBR 7215;

- Soquete metálico, conforme a NBR 7215;
- Misturador mecânico, conforme a NBR 7215;
- Paquímetro para medições até 300 mm, com resolução de pelo menos 1mm.

Para a determinação do índice de consistência, o tronco de cone foi preenchido através de três camadas sucessivas da mistura final, com alturas aproximadamente iguais, sendo aplicados, em cada uma delas, respectivamente, 15, 10 e 5 golpes com o soquete, de maneira a distribuí-las uniformemente. Após a rasadura foi acionada a manivela da mesa para índice de consistência, aplicando-se 30 golpes em 30 s de maneira uniforme. Imediatamente após a última queda da mesa, foi medido com auxílio do paquímetro o espalhamento. Foram registradas três medidas, sendo a média destes três valores o índice de consistência da argamassa.

3.2.2 Retenção de água

A aparelhagem necessária à execução do ensaio de acordo com a NBR 13277 (ASSOCIAÇÃO..., 2005) é a seguinte:

- Balança com resolução de 0,1 g;
- Mesa para índice de consistência, conforme a NBR 7215 ;
- Molde tronco cônico, conforme a NBR 7215;
- Soquete metálico, conforme a NBR 7215;
- Misturador mecânico, conforme a NBR 7215;
- Paquímetro para medições até 300 mm, com resolução de pelo menos 1mm.
- Funil de Buchner modificado;
- Aparelho que consiste numa fonte de aspiração e subpressão, acoplado com um tubo de vidro e prato com fundo perfurado, conforme indicado na Figura 09.



Figura 9: Equipamento para determinação do Índice de Retenção de água.
Fonte: Autores, 2013.

Após a confecção das argamassas determinou-se a consistência inicial das misturas, na mesa para índice de consistência com auxílio do molde de troco cônico. Então a consistência inicial da argamassa foi medida. Assim a argamassa de consistência inicial foi remisturada, e posteriormente adensada sobre o funil, sendo posteriormente aplicada uma sucção correspondente a uma coluna de 51 mm de Hg, durante 60 segundos, sendo a torneira do conjunto aberta e fechada, no início e término da contagem do tempo. Feito isso, novamente foi realizada a mistura da argamassa no próprio prato do funil, e determinou-se o índice de consistência final da argamassa. O valor do índice de retenção de água foi calculado através da Equação 01.

$$RA = \frac{A - 125}{B - 125} * 100$$

(Eq. 01)

Onde:

- RA = Índice de retenção de água em porcentagem;
- A = Consistência após a sucção do funil de Buchner modificado;
- B = Consistência antes da sucção do funil de Buchner modificado.

A verificação de índices de retenção de água das argamassas é um parâmetro de análise de patologias em revestimentos. Argamassas que possuem baixo índice de retenção são mais suscetíveis a perda de água para o ambiente e substrato, originando fissuras; já

argamassas com índice de retenção mais elevado podem ter a aderência entre revestimentos e substrato prejudicada.

3.2.3 Densidade de massa e teor de ar incorporado

A aparelhagem necessária à execução do ensaio de acordo com a NBR 13278 (ASSOCIAÇÃO..., 2005b) é a seguinte:

- Balança com resolução de 0,1g;
- Recipiente cilíndrico (molde), calibrado, com capacidade aproximada de 400mL;
- Espátula com lâmina com 152 mm de comprimento e 13 mm de largura, com bordas retas e cabo de madeira;
- Régua com comprimento mínimo de 102 mm e com espessura entre 1,6 mm e 3,2 mm;
- Soquete de material não absorvente, conforme a NBR 7215;
- Utensílio que permita a colocação de argamassa no recipiente, como colher com comprimento mínimo de 230 mm ou concha com comprimento mínimo de 100mm.

Primeiramente preparou-se a argamassa a ser utilizada no ensaio, seguindo as especificações do item anterior: retenção de água. Para calibração do recipiente cilíndrico: foi registrada a massa do recipiente cilíndrico vazio (M_v). Então o recipiente foi preenchido com água destilada ou desmineralizada a (23 ± 2) C e o seu volume foi registrado (V_r). Para o ensaio foi introduzida suavemente, com colher ou concha, porções de argamassa no recipiente cilíndrico calibrado, formando três camadas de alturas aproximadamente iguais. Em cada camada, foi aplicado 20 golpes ao longo do perímetro da argamassa. Segundo especificações da NBR 13278, na primeira camada, a espátula não deve bater fortemente contra o fundo do recipiente, e nas demais camadas, a espátula deve ser aplicada somente com a força necessária para penetrar na superfície da camada imediatamente inferior. Após a execução e golpeamento da última camada, aplicar cinco golpes com o soquete, a intervalos regularmente distribuídos ao redor da parede externa do recipiente. Após a retirada da espátula, não devem ficar vazios entre a argamassa e a parede do recipiente. Rasar o recipiente de PVC com a régua. A operação deve ser realizada em no máximo 90 s, contados a partir do enchimento do recipiente. Após a eliminação de qualquer partícula ou água aderida à parede externa do recipiente, pesar e registrar a massa do molde com a argamassa (M_c) (ASSOCIAÇÃO..., 2005b).

Para o cálculo da densidade de massa da argamassa (A), no estado fresco, utilizou-se da Equação 02 (ASSOCIAÇÃO..., 2005b).

$$A = \frac{M_c - M_v}{V_r}$$

(Eq. 02)

Onde:

- A = densidade de massa no estado fresco em g/cm³, arredondada ao 0,01 g/cm³ mais próximo;
- M_c = massa do recipiente cilíndrico de PVC, contendo a argamassa de ensaio, em g;
- M_v = massa do recipiente cilíndrico de PVC vazio, em g;
- V_r = volume do recipiente cilíndrico de PVC, em cm³

Para o cálculo do teor de ar incorporado na argamassa (Al) utilizou-se da Equação 03 (ASSOCIAÇÃO..., 2005b).

$$Al = 100 \left(1 - \frac{A}{B} \right)$$

(Eq. 03)

Onde:

- Al = teor de ar incorporado na argamassa, expresso em porcentagem, arredondado ao número inteiro mais próximo;
- A = densidade de massa obtida pela Equação 03;
- B = densidade de massa teórica da argamassa, sem vazio.

3.2.4 Resistência à compressão

A aparelhagem necessária à execução do ensaio de acordo com a NBR 7215 (ASSOCIAÇÃO..., 1997) é a seguinte:

- Óleo desmoldante mineral de baixa viscosidade;
- Material para capeamento;
- Balanças com resolução de 0,1 g e carga mínima de 1000 g;
- Misturador mecânico com cuba de aço inoxidável com capacidade de aproximadamente 5L e pá de metal, com duas velocidades;
- Molde cilíndrico de base rosqueada de metal não corrosível com 3 mm de espessura, diâmetro interno: (50 + 0,1) mm; altura: (100 + 0,2) mm;
- Soquete de material não corrosível;
- Máquina de ensaio de compressão;
- Paquímetro com escala em milímetros, capaz de medir espessuras de até 200 mm, com resolução de no mínimo 0,1mm.

- Régua metálica, não flexível, com borda longitudinal biselada, de aproximadamente 200 mm de comprimento e de 1mm a 2mm de espessura.
- Placas de vidro quadradas de 70 mm a 100 mm de aresta e de no mínimo 5mm de espessura.
- Espátula metálica com lâmina de aproximadamente 25mm de largura e 200mm de comprimento.

Após untar toda a superfície interna e o fundo com uma leve camada de óleo foi preenchido os moldes com argamassa em quatro camadas de alturas aproximadamente iguais, recebendo cada camada 30 golpes uniformes com o soquete normal, homogeneamente distribuído. Feito a rasadura do topo dos corpos de prova foram acondicionados sobre estas as placas de vidro (ASSOCIAÇÃO..., 1997). Logo após a moldagem, os corpos-de-prova, ainda nos moldes, foram colocados em câmara úmida. Após o tempo determinado para o rompimento os corpos de prova foram capeados e rompidos em uma célula de carga acoplada a uma prensa manual.

3.2.5 Aderência – arrancamento à tração

A aparelhagem necessária à execução do ensaio, de acordo com a NBR 13528 (ASSOCIAÇÃO..., 2010) é a seguinte:

- Equipamento de Tração;
- Pastilhas Metálicas, de seção circular (diâmetro de 50 mm) ou quadrada (de lado igual a 100 mm), com um dispositivo no centro para acoplar o equipamento de tração;
- Dispositivo de corte de revestimento (Serra de copo para as pastilhas metálicas circulares ou disco de corte para corpos-de-prova de seção quadrada);
- Cola para ancoragem das pastilhas, à base de resina epóxi;
- Materiais para sustentação das pastilhas, na superfície vertical, durante a colagem (tiras de papelão flexível de 30 mm x 100 mm no mesmo número de pastilhas a serem coladas (para corpos-de-prova de seção circular ou fita crepe com largura de 50 mm, para corpos de prova de seção quadrada);
- Lixa;
- Escova para limpeza do revestimento;
- Estilete ou faca;
- Espátula.

O ensaio foi realizado com a colagem dos corpos-de-prova circulares, com 50 mm de diâmetro, no revestimento executado sobre alvenaria de blocos cerâmicos. Definiu-se a

área de utilização para a ancoragem das pastilhas de arrancamento como 0,75m x 1,0m para as argamassas produzidas. A NBR 13528 (ASSOCIAÇÃO..., 2010) indica ensaiar pelo menos 12 corpos-de-prova para cada situação, espaçados entre si cerca de 50mm, e com o mesmo espaçamento dos cantos, quinas e bordos.

Para os corpos de prova de seção circular, cortou-se a superfície do revestimento, com auxílio de uma serra-copo acoplada a uma furadeira, antes da colagem da pastilha.

Segundo Santos (2008a), o corte deve ser executado a seco ou com água, conforme as características da argamassa. Quando o corte é feito a úmido, deve-se fazê-lo com antecedência suficiente para que o revestimento esteja seco no momento da colagem da pastilha.

O corte não deve comprometer a integridade do revestimento. O corte deve ser feito até 5 mm dentro do substrato, no caso de avaliação da aderência entre camadas de revestimento, aprofundar o corte 5 mm além da camada de interesse.

A ancoragem das pastilhas foi efetuada com auxílio do adesivo de base epóxi Sikadur, de média fluidez, da indústria Sika. A utilização deste material é viabilizada pela recomendação em chumbamentos de superfícies de argamassa e metais, como o aço.

Antes da colagem, as superfícies das pastilhas metálicas e dos revestimentos foram limpas e livres de poeiras, óleos, graxas, natas de cimento e ferrugens. A aplicação do adesivo foi efetuada com auxílio de uma espátula, preenchendo uniformemente todas as cavidades em contato com o revestimento argamassado. A camada de adesivo foi fixada de 1 a 2 mm, para promover aderência entre a base da pastilha e o emboço. Foi verificada também a temperatura do dia em que foi realizada a colagem, não sendo esta inferior a 10°C e maior que 35°C, para a promoção de aderência. A aplicação da mistura adesiva foi executada no tempo de até 30 minutos, que corresponde ao tempo de início de pega da mistura epóxi [SIKA, 2012].

As pastilhas coladas foram ancoradas, a fim de evitar o deslizamento na superfície do revestimento, devido ao peso próprio e o estado pastoso da resina epóxi antes do endurecedor amínico de sua mistura promover o efeito de secagem. A cura inicial da pasta se dá com 24 horas após a aplicação. Neste período a resistência à compressão do adesivo é de aproximadamente 40 Mpa. A cura final da pasta se dá com 7 dias, com resistência à compressão correspondente a 60Mpa.

Após o tempo de cura final do adesivo, as pastilhas estão prontas para o teste de arrancamento. Acoplou-se o equipamento de tração à pastilha conforme indicado na Figura 10.

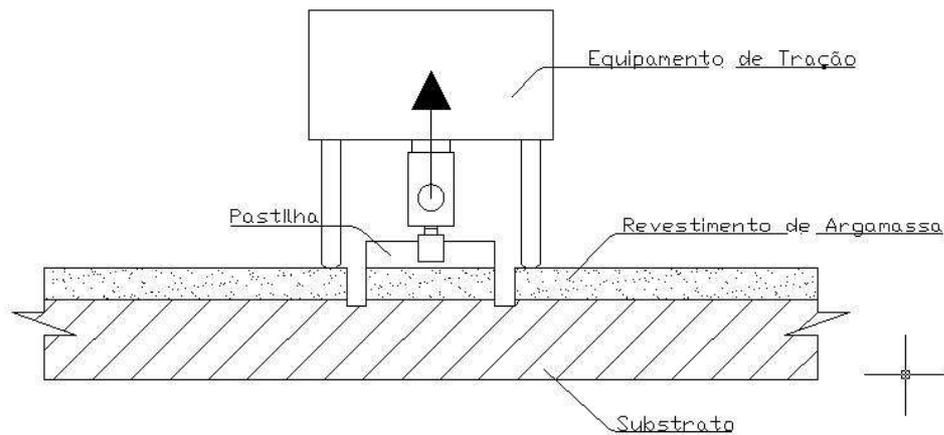


Figura 10 - Esquema de equipamento de arrancamento à tração.
Fonte: Autores, 2012.

Aplica-se o esforço de tração, perpendicularmente ao corpo-de-prova, com a taxa de carregamento escolhida, em função da resistência à tração provável, e de tal modo que o ensaio dure entre 10 e 80 segundos, até a ruptura do corpo-de-prova. A Tabela 11 apresenta as taxas de carregamento prováveis.

Tabela 11: Taxas de carregamento para corpos-de-prova submetidos à tração

Resistência de Aderência (Mpa)	Taxa de Carregamento (N/s)
	CP's Circulares
Até 0,20	5
Acima de 0,20 a 0,50	25
Acima de 0,50 a 1,00	100
Acima de 1,00	200

Fonte: NBR 13528 (ASSOCIAÇÃO..., 2010)

De acordo com a NBR 13528 (Associação..., 2010), registra-se a carga de ruptura, e analisa-se o rompimento, observando-se:

- Falhas de colagens das pastilhas;
- Ruptura na interface do revestimento com o substrato;
- Ruptura da argamassa de revestimento;
- Ruptura do substrato;
- Ruptura da interface do revestimento com a cola;
- Ruptura da interface da cola com a pastilha.

O registro da resistência de aderência à tração é dado pela relação entre a força necessária para o rompimento do corpo-de-prova com relação à área da pastilha, através da Equação 04 [NBR 13528 (Associação..., 2010)].

$$R_a = \frac{P}{A} \quad (\text{Eq.04})$$

Onde:

- Ra: Resistência de aderência à tração, em MPa;
- P: Carga de ruptura, em N;
- A: Área da pastilha, em mm².

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Abaixo segue os resultados encontrados com a realização dos ensaios descritos em itens anteriores

4.1 ADIÇÃO DE INCORPORADOR DE AR

Com um traço de 1:5,75:1 (cimento: areia: água), foi analisado o comportamento da argamassa quanto ao teor de ar, densidade de massa e espalhamento com adições de incorporador de ar em porcentagens da quantidade de cimento. A Tabela 12 e as Figuras 11, 12, 13 e 14 mostram os resultados obtidos. Os limites inferiores e superiores das figuras fazem referência a NBR 13278 a qual define que o teor de ar de ficar em torno de 8 a 18% e também a média dos limites regionais de utilização da argamassa estabilizada, sendo que o teor de ar deve ficar em torno de $20 \pm 2\%$ e o espalhamento entre 210 a 250mm. O alto teor de ar dos limites regionais é explicado pela perda de ar e trabalhabilidade que a argamassa estabilizada sofre ao longo do tempo, sendo necessário que esta tenha um valor superior ao da norma para que suas propriedades sejam mantidas até o final da estabilidade.

Tabela 12: Propriedades da argamassa com a adição de incorporador de ar.

Inc. de ar (%)	Média de Espalhamento (mm)	Média do Teor de ar incorporado (%)	Densidade de massa no estado fresco (g/cm³)
0	242	6	2,0
0,1	257	6	2,0
0,2	272	10	1,9
0,3	278	15	1,8
0,4	275	19	1,7
0,5	274	19	1,7
0,6	275	19	1,7

FONTE: Autores, 2013.

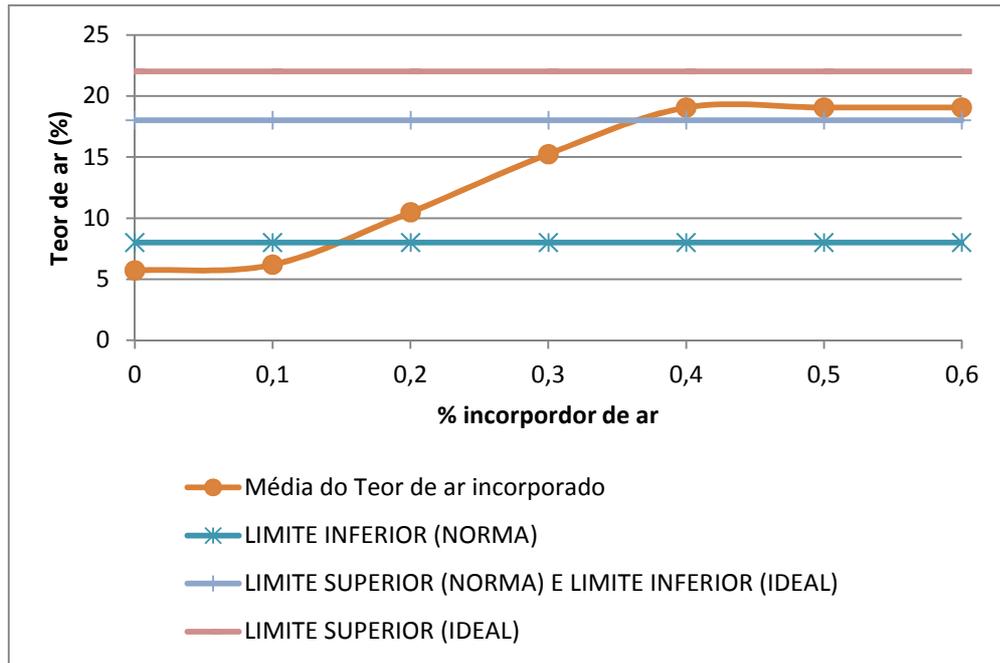


Figura 11: Análise do teor de ar incorporado da argamassa com a adição de incorporador de ar.

FONTE: Autores, 2013.

Percebe-se pela Figura 11, que o teor de ar ideal (dentro dos limites) é alcançado com 0,4% de aditivo em relação a quantidade de cimento, sendo que este se mantém com porcentagens de adição maiores.

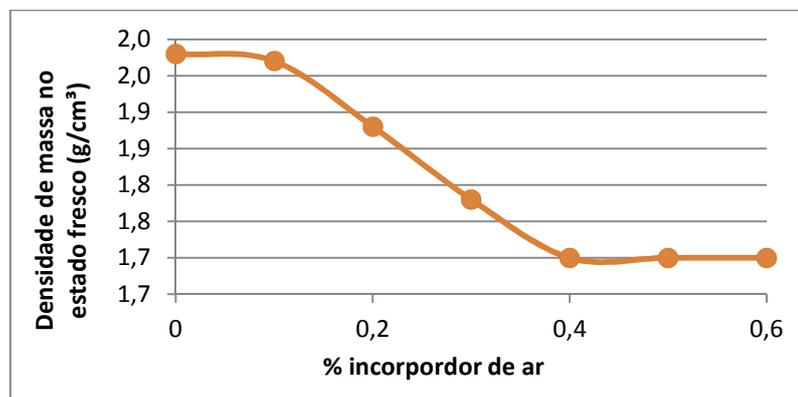


Figura 12: Análise da densidade de massa da argamassa com a adição de incorporador de ar.

FONTE: Autores, 2013.

Como esperado a densidade de massa diminui com o incremento de incorporador de ar.

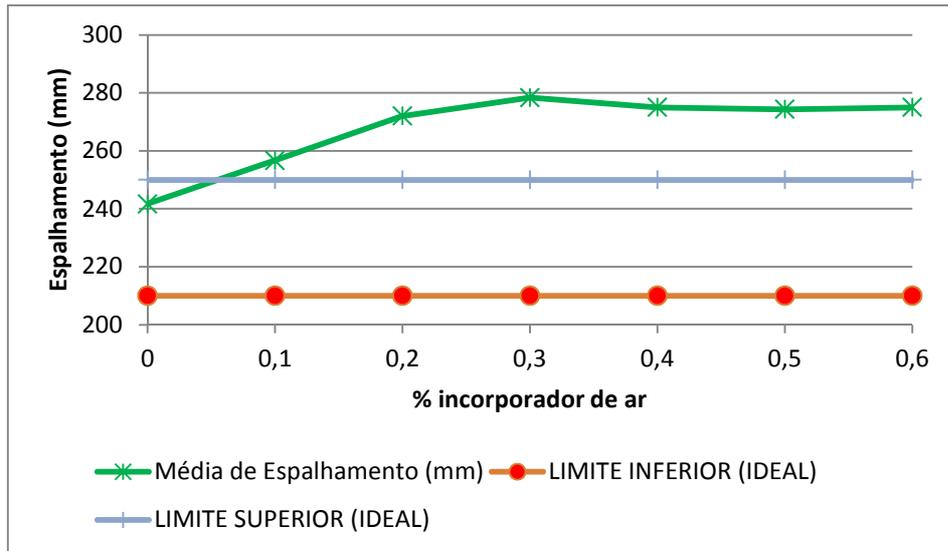


Figura 13: Análise do espalhamento da argamassa com a adição de incorporador de ar.
FONTE: Autores, 2013.

A Figura 13 mostra que só com um incremento de 0,1% de incorporador de ar a argamassa excede ao limite superior estabelecido pelas preferencias regionais. A Figura 14 mostra o aspecto das argamassas produzidas com este ensaio. Todas as argamassas ficaram com um bom aspecto, não apresentando segregação ou exsudação. E a utilização de argamassas com espalhamento próximo a 270 mm ainda são aceitáveis.

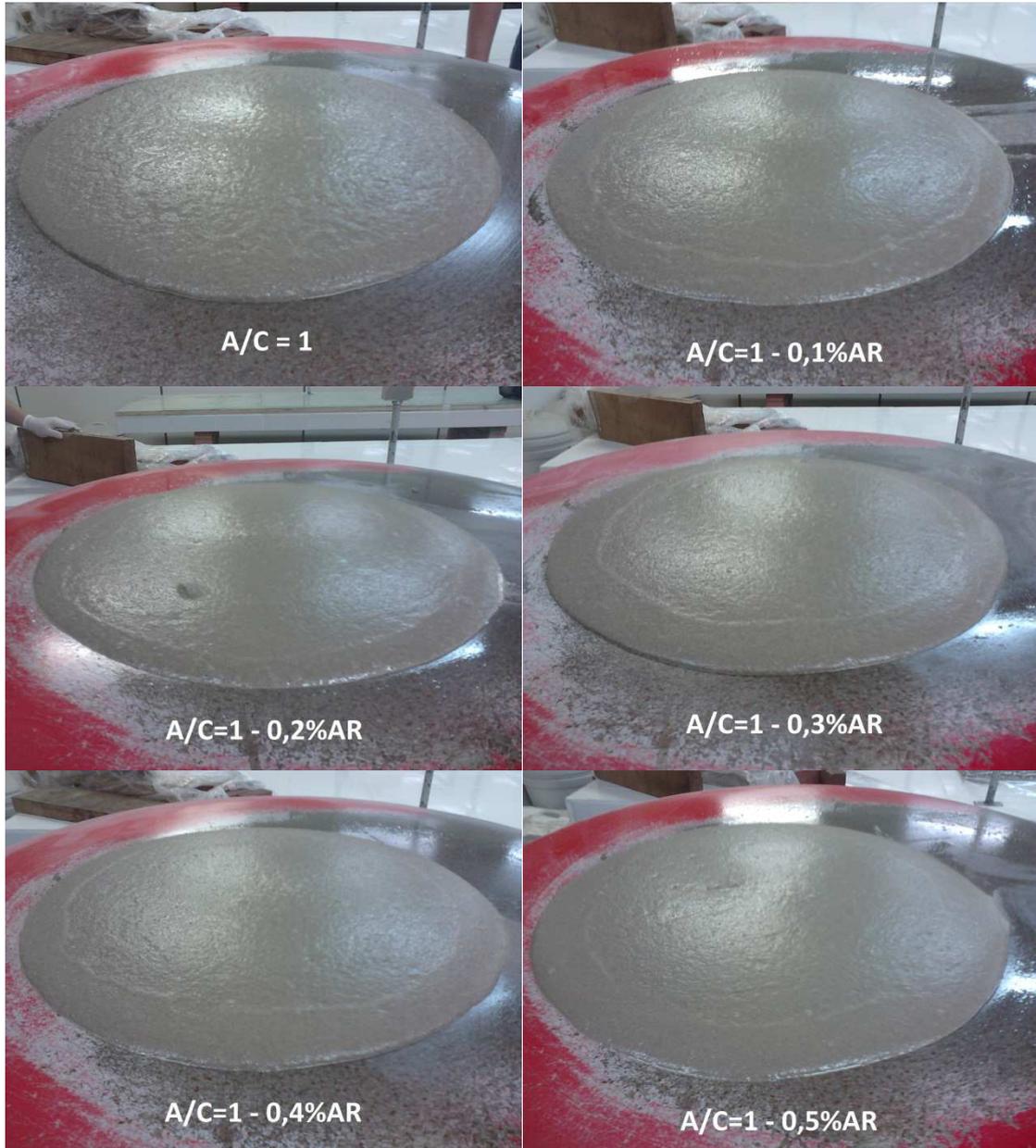


Figura 14: Adição de incorporador de ar - Aparência das argamassas.
FONTE: Autores, 2013.

A adição de incorporador de ar aumenta o espalhamento, diminui a densidade de massa no estado fresco e aumenta o teor de ar até certo ponto de estabilidade (teor de saturação do aditivo).

4.2 ADIÇÃO DE ESTABILIZADOR

Com o mesmo traço utilizado no item 4.1, as argamassas foram analisadas com adição apenas de aditivo retardador de pega (estabilizador) em porcentagens da quantidade de cimento. A Tabela 13 e as Figuras 15, 16 e 17 mostram os resultados obtidos. Os limites inferiores e superiores das figuras fazem referência aos descrito no item 4.1.

Tabela 13: Propriedades da argamassa com adição de estabilizador.

Estabilizador (%)	Média de Espalhamento (mm)	Média do Teor de ar incorporado (%)	Densidade de massa no estado fresco (g/cm ³)
0	120	8	2,02
0,1	180	9	2,00
0,2	190	9	2,00
0,3	200	10	1,99
0,4	240	10	1,98
0,5	234	11	1,96
0,6	232	11	1,96
0,7	230	11	1,95

FONTE: Autores, 2013.

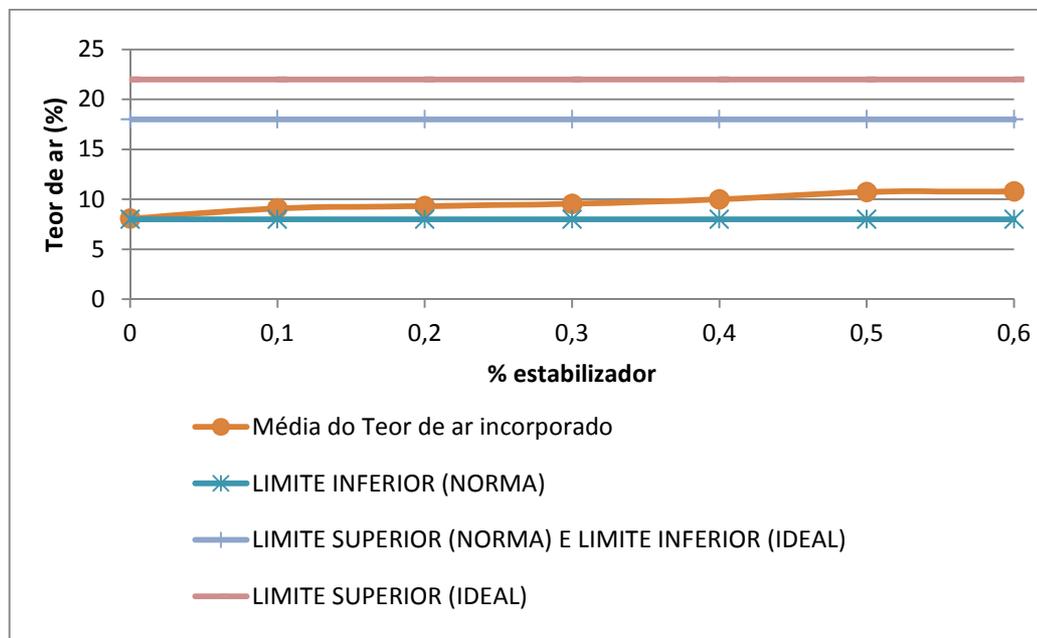


Figura 15: Análise do teor de ar incorporado da argamassa com a adição de estabilizador.

FONTE: Autores, 2013.

Percebe-se que a adição de estabilizador pouco influencia na incorporação de ar, mesmo estando acima do limite inferior descrito pela NBR 13278, para uma argamassa estabilizada este valor é muito abaixo do necessário a sua estabilidade por um período de tempo maior. Ou seja, ao longo do tempo este valor decairia tornando a argamassa não trabalhável.

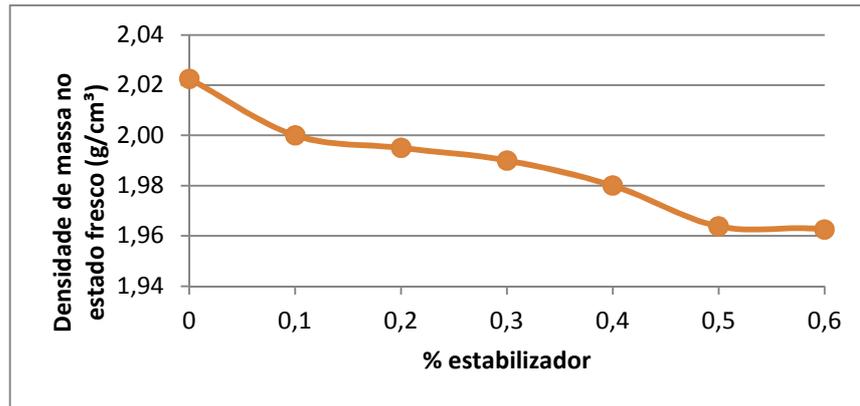


Figura 16: Análise da densidade de massa da argamassa com a adição de estabilizador.
FONTE: Autores, 2013.

Com relação à densidade de massa, a adição de estabilizador deixa a argamassa mais leve, porém não tanto quanto a adição de incorporador de ar, já que a baixa densidade de massa está diretamente ligada ao aumento do teor de ar incorporado.

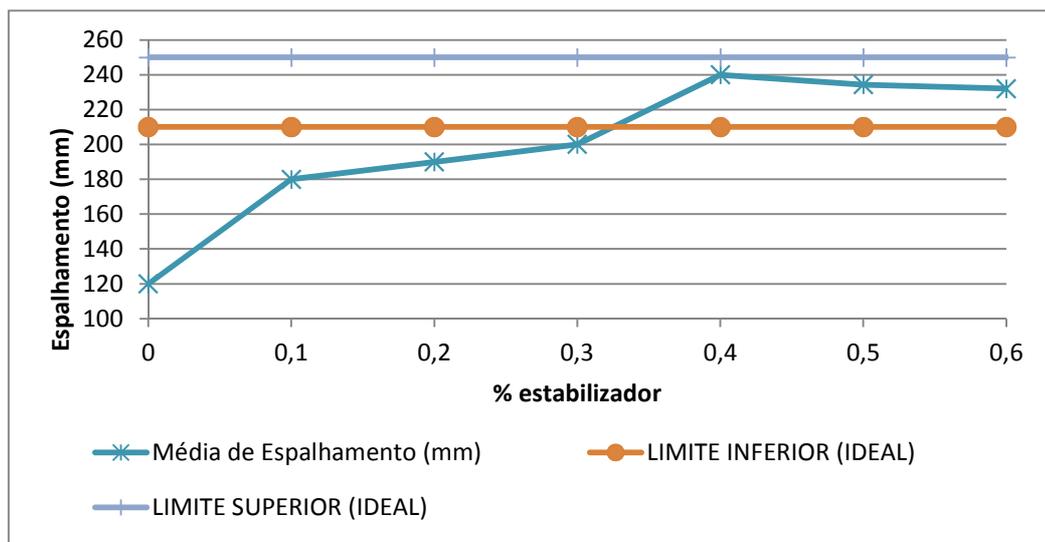


Figura 17: Análise do espalhamento da argamassa com a adição de estabilizador.
FONTE: Autores, 2013.

O espalhamento das argamassas com a adição de estabilizador cresce até um ponto de estabilidade, daí em diante a adição de estabilizador só irá influenciar no tempo que a argamassa permanecerá trabalhável (teor de saturação do aditivo). Neste caso, quanto maior for à porcentagem de adição de estabilizador, maior será o tempo em aberto da argamassa. Entretanto, há também uma quantidade máxima de estabilizador que limita o uso do mesmo, sendo que em porcentagens maiores o estabilizador já não faz mais efeito.

4.3 ADIÇÃO DE ESTABILIZADOR -INCORPORADOR. DE AR: 0,4%

Com uma adição de 0,4% de incorporador de ar em relação à quantidade de cimento, as argamassas atingiram o limite inferior necessário a uma argamassa estabilizada ideal. Também se percebeu que com adições maiores que 0,4% o espalhamento se torna constante, não havendo aumento considerável nessa propriedade da argamassa.

Sendo assim, utilizou-se essa porcentagem de incorporador de ar, para analisar a influencia do estabilizador nestas argamassas. Para que pudéssemos perceber se um aditivo influencia o outro. O traço utilizado para cimento, areia e água foi o mesmo do item 4.1. A Tabela 14 e as Figuras 18, 19 e 20 mostram os resultados obtidos. Os limites inferiores e superiores das figuras também fazem referência aos descrito no item 4.1.

Tabela 14: Propriedades da argamassa com adição de estabilizador, com um incremento de 0,4% de inc. de ar.

Inc. de ar (%)	Estabilizador (%)	Média de Espalhamento (mm)	Média do Teor de ar incorporado (%)	Densidade de massa no estado fresco (g/cm ³)
0,4	0	283	19	1,70
0,4	0,3	290	20	1,67
0,4	0,4	290	22	1,65
0,4	0,5	293	22	1,63
0,4	0,6	288	24	1,60
0,4	0,7	290	23	1,62

FONTE: Autores, 2013.

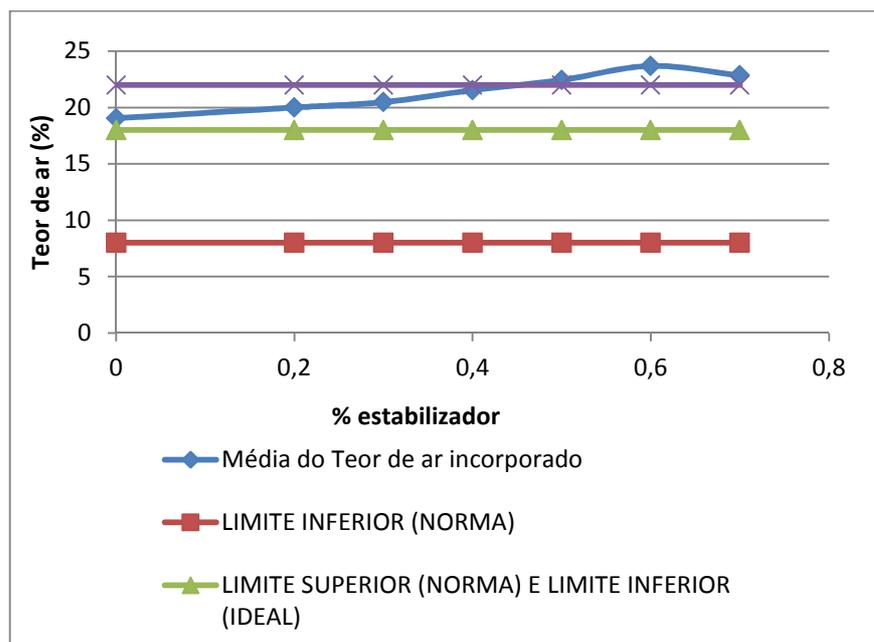


Figura 18: Análise do teor de ar incorporado da argamassa com aumento da adição de estabilizador e 0,4% de incorporador de ar.

FONTE: Autores, 2013.

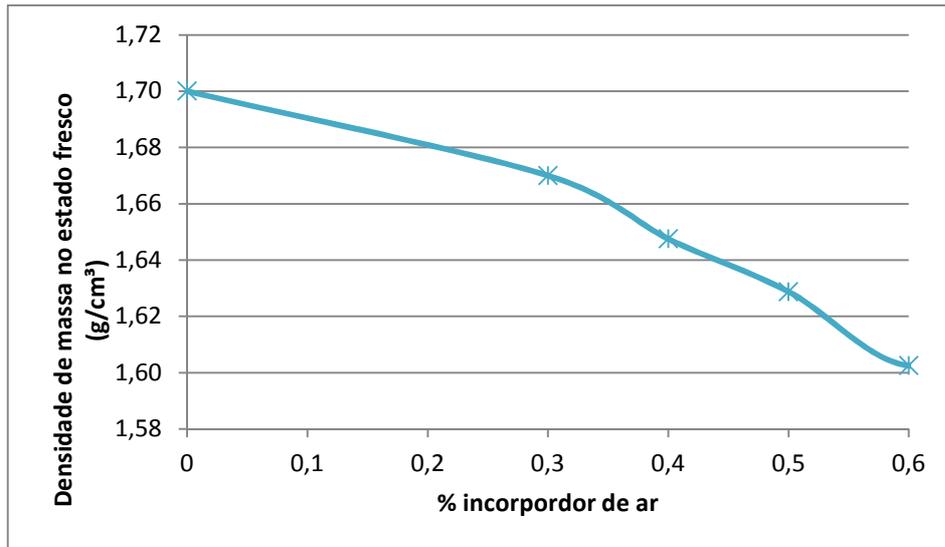


Figura 19: Análise da densidade de massa da argamassa com a adição de estabilizador e 0,4% de incorporador de ar.
FONTE: Autores, 2013.

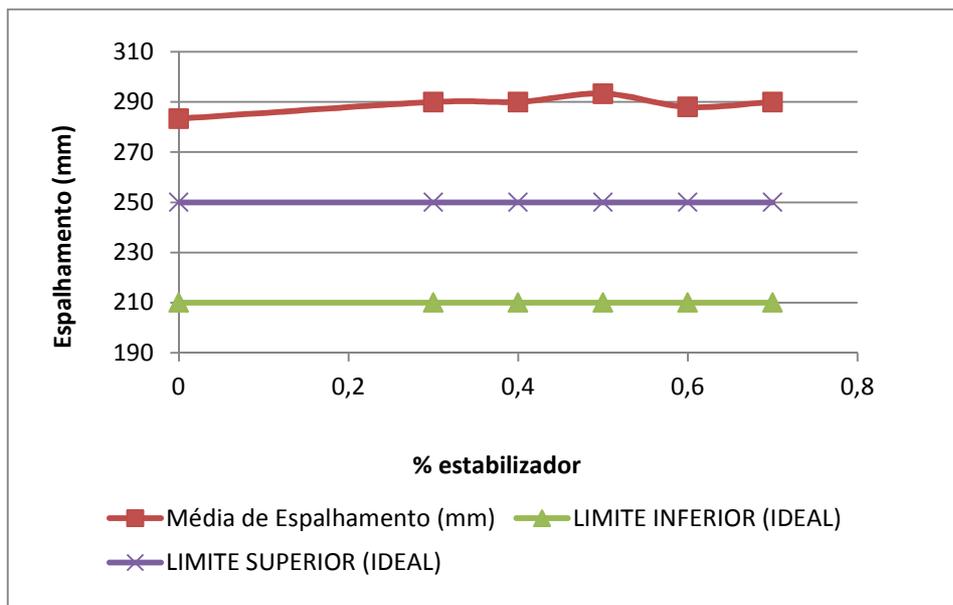


Figura 20: Análise do espalhamento da argamassa com a adição de estabilizador e 0,4% de incorporador de ar.
FONTE: Autores, 2013.

Com a adição do aditivo retardador de pega ficou evidente que, pouco influencia no aumento do espalhamento das argamassas com 0,4% de adição de incorporador de ar. Entretanto, com relação ao teor de ar incorporado, argamassa com adição de incorporador de ar combinadas com a adição de estabilizador, apresentam um aumento maior do ar incorporado do que argamassas com adição somente do estabilizador. Ou seja, esses dois aditivos combinados fazem com que a argamassas apresente uma porcentagem de teor de ar incorporado maior do que se usados separadamente.

A Figura 21 mostra o aspecto das argamassas produzidas com este ensaio. Todas as argamassas ficaram com um bom aspecto, não apresentando segregação ou exsudação.

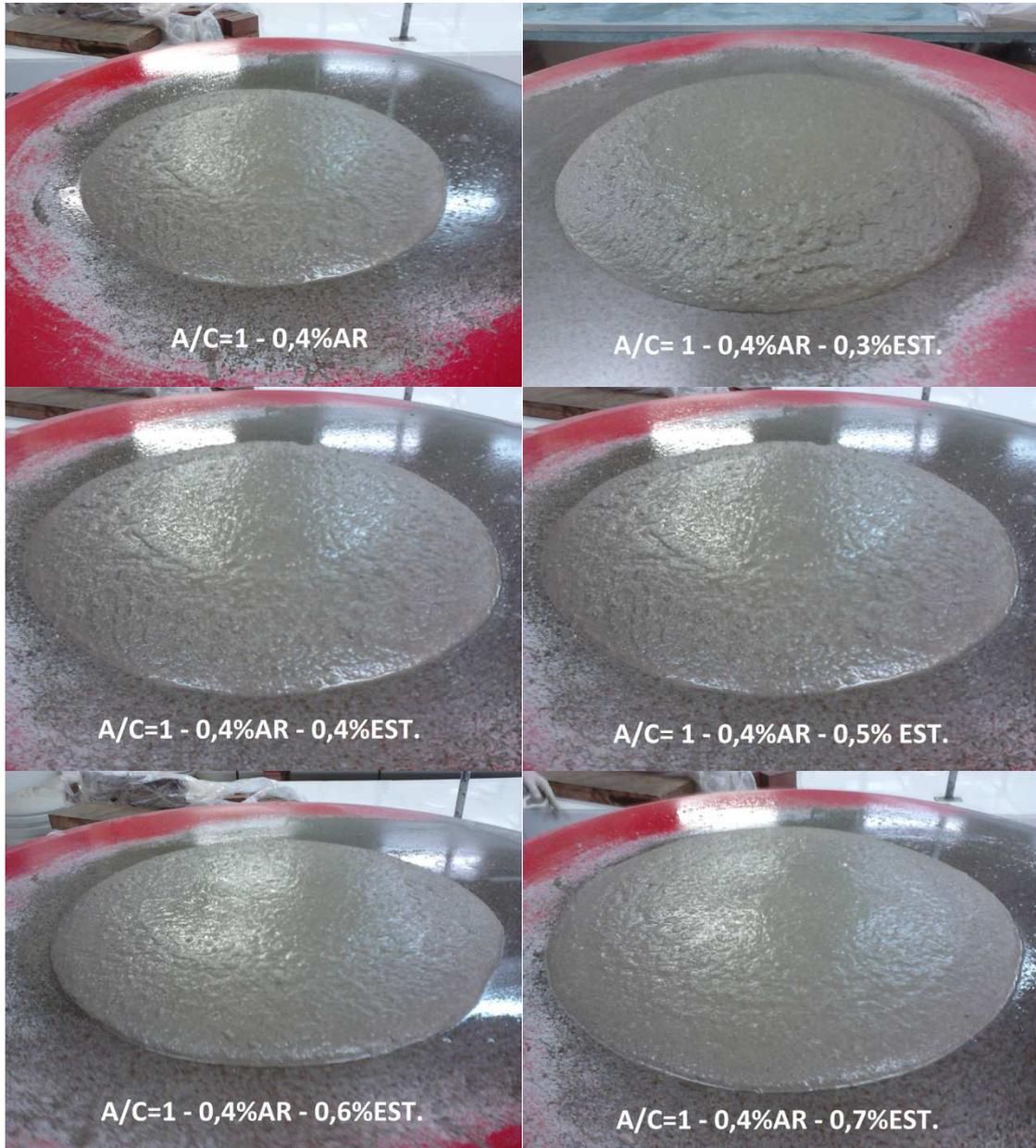


Figura 21: Adição de estabilizador com 0,4% de incorporador de ar - Aparência das argamassas.

FONTE: Autores, 2013.

4.4 ANÁLISE DA ADIÇÃO DE ESTABILIZADOR (INC. DE AR:0,4%) AO LONGO DO TEMPO.

Com algumas das porcentagens de aditivo estabilizador utilizadas no item 4.3, foram analisadas as propriedades das argamassas ao longo do tempo. A Tabela 15 e as Figuras 22 e 23 mostram os resultados obtidos. Os limites inferiores e superiores das figuras também fazem referência aos descrito no item 4.1.

Tabela 15: Análise da adição de estabilizador (inc. de ar: 0,4%) ao longo do tempo.

Estabilizador (%)	Tempo (Horas)	Média de Espalhamento (mm)	Média do Teor de ar incorporado (%)
0,4	0	290,0	22,0
0,4	24	260,0	21,2
0,4	48	250,0	19,6
0,5	0	290,0	22,4
0,5	24	265,0	20,7
0,5	48	248,3	17,6
0,6	0	295,0	22,9
0,6	24	260,0	21,0
0,6	48	252,3	19,2
0,7	0	293,3	23,5
0,7	24	270,0	20,9
0,7	48	249,0	19,6

FONTE: Autores, 2013.

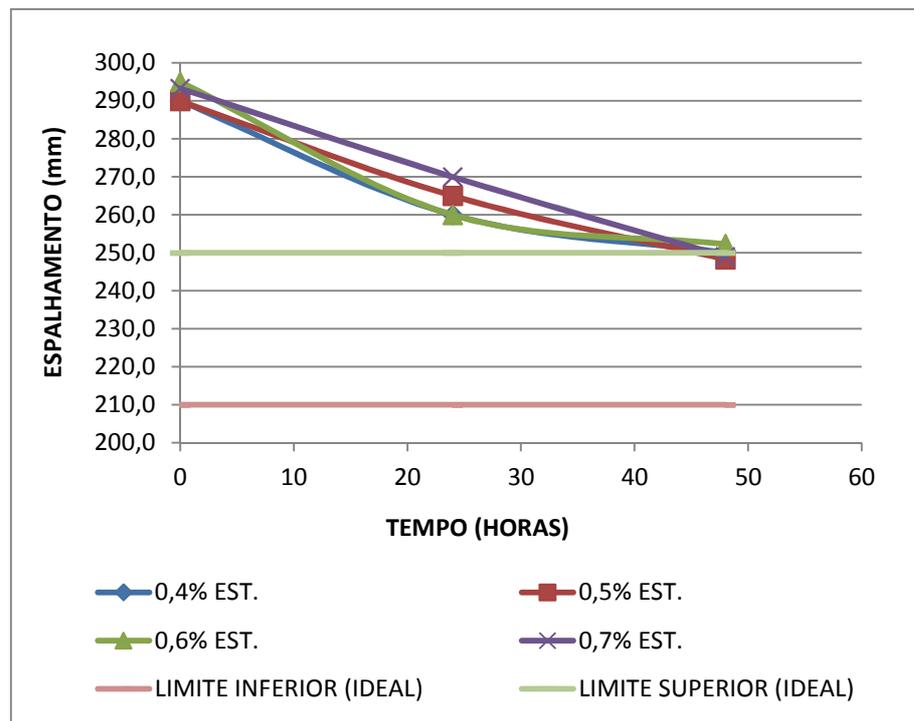


Figura 22: Análise do espalhamento das argamassas com 0,4% de teor de ar incorporado e diferentes teores de estabilizador ao longo do tempo.

FONTE: Autores, 2013.

Independente da quantidade de aditivo estabilizador o comportamento das argamassas quanto ao espalhamento foi muito semelhante. Sendo que no último período de estabilidade medido o diâmetro de espalhamento da argamassa com 0,6% de aditivo

estabilizador foi o maior dentre os analisados. Verificou-se também que a última hora de estabilidade medida possuiu espalhamentos próximos ao limite superior estabelecido o que sugere que as argamassas confeccionadas teriam uma duração da estabilidade maior do que este período.

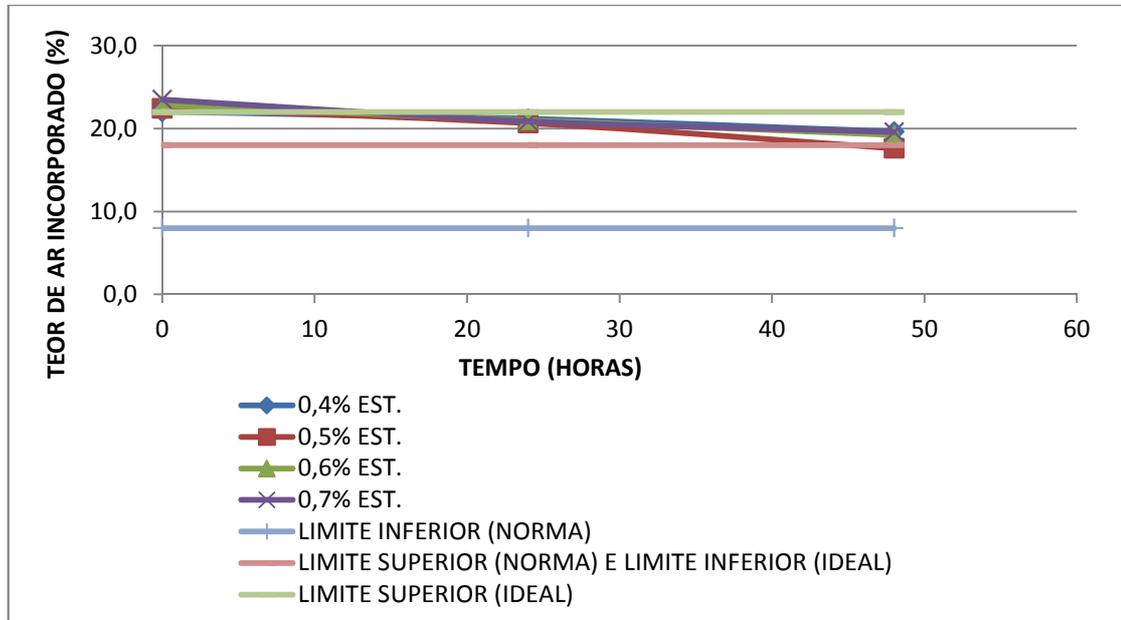


Figura 23: Análise do teor de ar incorporado das argamassas com 0,4% de teor de ar incorporado e diferentes teores de estabilizador ao longo do tempo.
FONTE: Autores, 2013.

Analisando o gráfico de perda de teor de ar incorporado identificou-se que o comportamento das argamassas é muito semelhante. Como o teor de 0,6% de aditivo estabilizador foi o que mais manteve o espalhamento e possuiu uma perda de ar incorporado aceitável utilizou-se este para confecção da primeira argamassa de referência.

Entretanto como o espalhamento ficou acima do limite superior foi adotada uma relação água /cimento menor (0,9) a fim de ajustar esses valores nos ensaios futuros.

Assim, o traço da primeira argamassa de referência (Ref.1) ficou estabelecido conforme Tabela 16.

Tabela 16: Traço unitário (em massa) da primeira argamassa de referência.

Tipo de Argamassa ensaiada	Traço (em massa)
	Cimento: Areia: Estabilizador (%): Inc. Ar (%): Copolímero (%): Água
REF 1	1 : 5,75 : 0,60 : 0,40 : 0,00 : 0,90

FONTE: Autores, 2013.

4.5 ADIÇÃO DE COPOLIMERO COM E SEM A ADIÇÃO DO ESTABILIZADOR

A partir do teor de aditivo estabilizador encontrado anteriormente, partiu-se para os estudos com adição do aditivo adesivo. Para tal analisou-se o comportamento das argamassas produzidas apenas com o aditivo adesivo, para avaliar o comportamento das misturas com relação ao teor de ar e espalhamento. Após adicionou-se o teor de 0,6% de aditivo estabilizador juntamente com as porcentagens de polímero. Estes ensaios foram efetuados com relação água/cimento diferentes, para avaliar a influencia do teor de água nas argamassas com polímero. A Tabela 17 e as Figuras 24 e 25 mostram a tendência do teor de ar incorporado e do espalhamento de argamassas com e sem adição de estabilizador e com dois diferentes teores de água.

Tabela 17: Adição de polímero com e sem a adição de estabilizador.

Relação Água/Cimento	Estabilizador (%)	Adesivo (%)	Média de Espalhamento (mm)	Média do Teor de ar incorporado (%)
0,95	0,0	0,0	240	10,0
0,95	0,0	0,5	250,0	13,3
0,95	0,0	1,0	280,0	16,3
0,95	0	1,5	279,7	15,7
Relação Água/Cimento	Estabilizador (%)	Adesivo (%)	Média de Espalhamento (mm)	Média do Teor de ar incorporado (%)
0,95	0,6	0,0	230,0	11,0
0,95	0,6	0,5	272,3	12,0
0,95	0,6	1,0	288,3	13,3
0,95	0,6	1,5	294,7	14,3
Relação Água/Cimento	Estabilizador (%)	Adesivo (%)	Média de Espalhamento (mm)	Média do Teor de ar incorporado (%)
0,9	0,6	0,0	195	9,0
0,9	0,6	0,5	200,0	9,8
0,9	0,6	1,0	257,3	18,0
0,9	0,6	1,5	258,7	17,6
Relação Água/Cimento	Estabilizador (%)	Adesivo (%)	Média de Espalhamento (mm)	Média do Teor de ar incorporado (%)
0,9	0	0,0	146	8,0
0,9	0	0,5	150,0	8,3
0,9	0	1,0	208,3	14,4
0,9	0	1,5	237,7	17,1

FONTE: Autores, 2013.

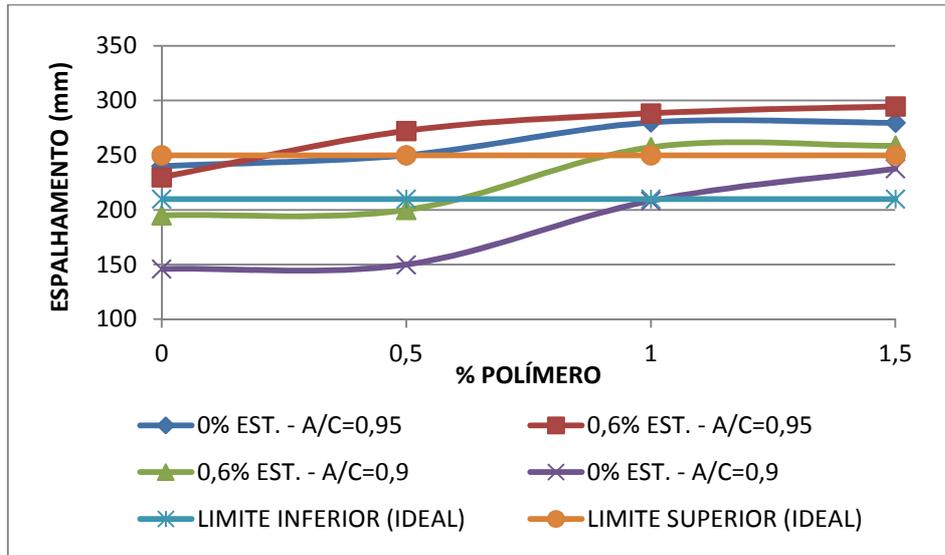


Figura 24: Análise do espalhamento, com e sem a adição de estabilizador e diferentes relações a/c com variação do teor de polímero.
FONTE: Autores, 2013.

Analisando-se inicialmente as argamassas com relação água/cimento 0,95, em um primeiro momento as duas argamassas (com e sem adição de estabilizador) possuem espalhamento muito semelhantes. Com o incremento do polímero existe um acréscimo de espalhamento nas duas argamassas, porém a argamassa com estabilizador apresenta espalhamento sempre maior. Com a relação água/cimento 0,9 as argamassas sem adição de polímero possuem diâmetros de espalhamento bem distintos sendo que a argamassa com adição de estabilizador possui maior fluidez. Com incrementos de polímero a diferença entre os espalhamentos para um mesmo teor se mantém, porém existe um acréscimo de espalhamento para as duas argamassas. Outro fator importante que pode ser visualizado é que o aumento da relação água/cimento aumenta o espalhamento nas situações analisadas.

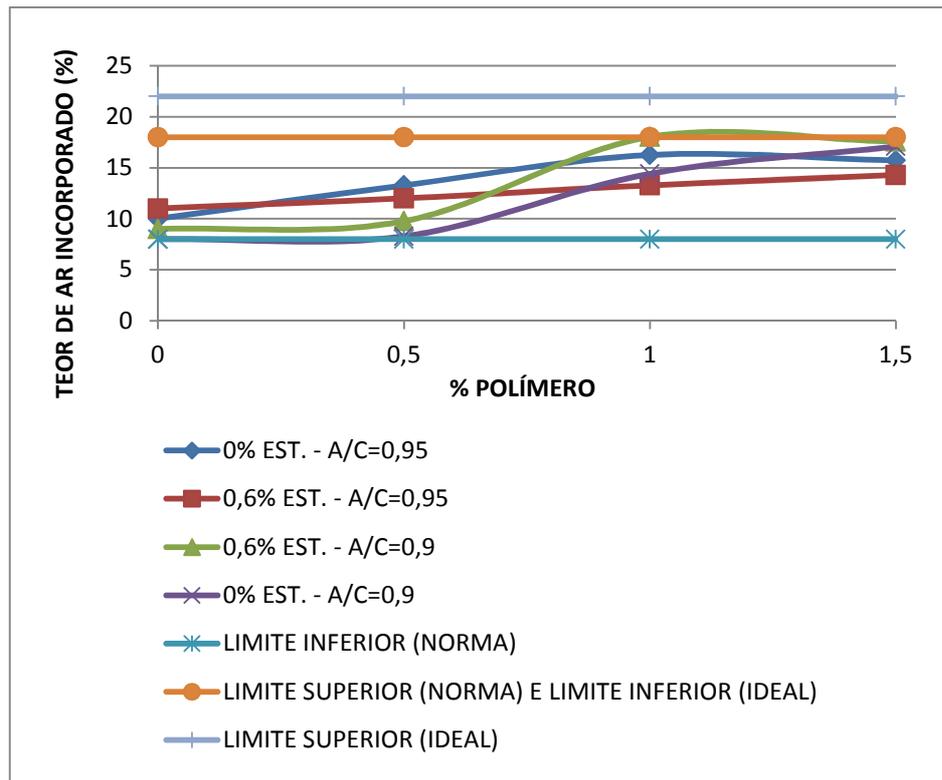


Figura 25: Análise do teor de ar incorporado, com e sem a adição de estabilizador e diferentes relações a/c com variação do teor de polímero.
FONTE: Autores, 2013.

A adição do polímero aumenta o espalhamento e o teor de ar, tanto com a adição como sem a adição de aditivo estabilizador. Entretanto, identificou-se que uma adição de água maior ($a/c=0,95$) acarreta em um espalhamento maior, mas não um teor de ar incorporado maior. Sendo que uma relação água/cimento de 0,9 já atende aos limites de espalhamento e com 0,6% de estabilizador e 1% de polímero atinge o limite inferior de incorporação de ar.

Com relação água/cimento de 0,9 e 0,6 % de aditivo estabilizador chega-se, entre os teores de 1,0 e 1,5% de polímero num pico de teor de ar incorporado. Como a diferença entre o pico e a quantidade de ar incorporado com 1,5% de polímero não é significativa, é preferível utilizar o teor de 1,5% (máximo recomendado pelo fabricante) e acrescentar um aditivo incorporador de ar para atingir o limite desejado.

4.6 ADIÇÃO DE POLIMERO COM DIFERENTES TEORES DE ÁGUA EM ARGAMASSA COM 0,6% DE ADITIVO ESTABILIZADOR

Com as mesmas argamassas do item 4.4 foram analisados a perda de ar incorporado e a perda de consistência ao longo do tempo (0h, 24h e 48h). A Tabela 18 e as Figuras 26 e 27 mostram a tendência do teor de ar incorporado e do espalhamento de

argamassas com e sem adição de estabilizador e com dois diferentes teores de água, ao longo do tempo.

Tabela 18: Adição de polímero com diferentes teores de água em argamassas com 0,6% de aditivo.

Relação Água/Cimento	Estabilizad or (%).	Adesiv o (%)	Tempo (Horas)	Média de Espalhamento (mm)	Média do Teor de ar incorporado (%)
0,95	0,6	0,5	0	272,3	15,2
0,95	0,6	0,5	24	228,3	11,6
0,95	0,6	0,5	48	201,7	8,0
0,95	0,6	1,0	0	288,3	13,3
0,95	0,6	1,0	24	240,7	12,3
0,95	0,6	1,0	48	217,3	9,9
0,95	0,6	1,5	0	294,7	14,3
0,95	0,6	1,5	24	248,3	12,9
0,95	0,6	1,5	48	227,3	10,7
0,9	0,6	0,5	0	200,0	9,8
0,9	0,6	0,5	24	165,0	7,2
0,9	0,6	0,5	48	150,0	7,6
0,9	0,6	1,0	0	257,3	18,0
0,9	0,6	1,0	24	194,0	12,1
0,9	0,6	1,0	48	173,0	11,0
0,9	0,6	1,5	0	258,7	17,6
0,9	0,6	1,5	24	216,7	13,4
0,9	0,6	1,5	48	205,0	11,9

FONTE: Autores, 2013.

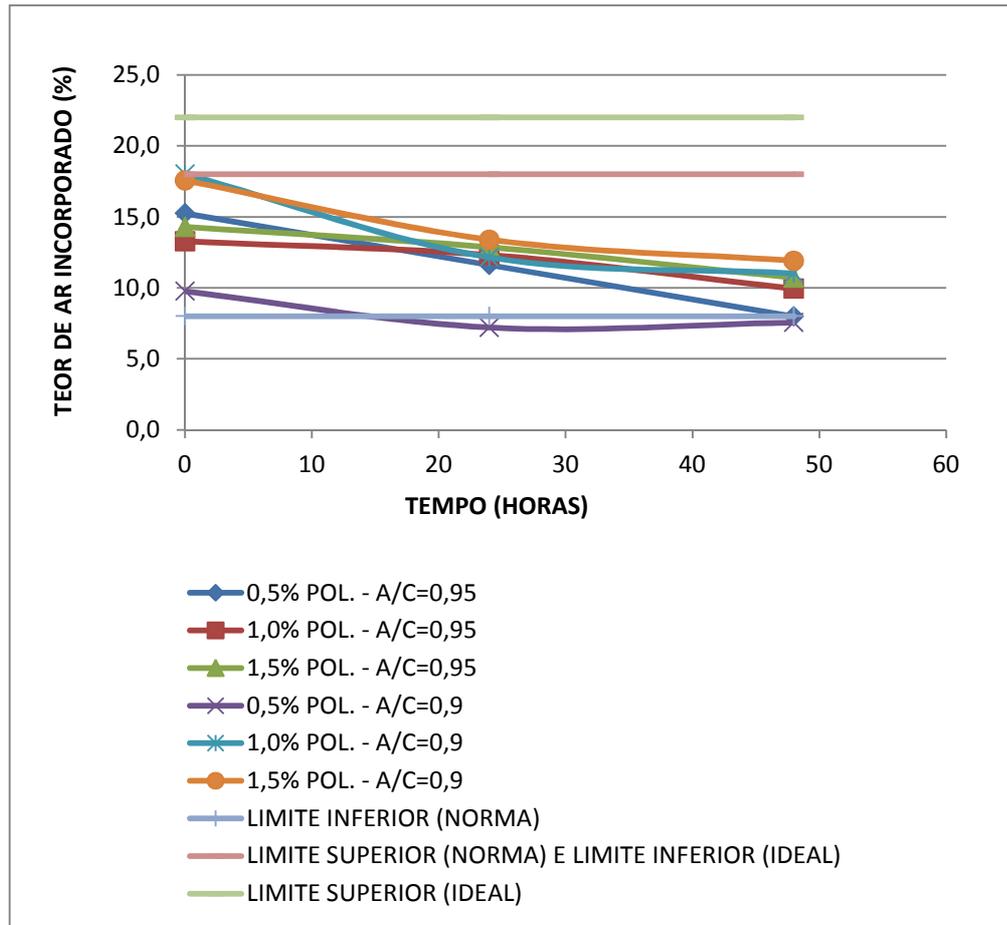


Figura 26: Análise do teor de ar incorporado com adição de polímero com diferentes teores de água.

FONTE: Autores, 2013.

Analisando-se as argamassas com relação água/cimento 0,95 percebe-se que a argamassa que possui 0,5% de polímero foi a que possuiu maior teor de ar incorporado inicialmente e menor após 48h. Como o aditivo adesivo utilizado é líquido, uma porcentagem menor de adesivo proporciona a argamassa menor quantidade de líquidos e consequentemente um maior atrito entre as partículas. Este atrito proporciona um incremento inicial na incorporação de ar. Porém, este ar obtido com facilidade é perdido com a mesma facilidade.

A argamassa com 1,5% de polímero e uma relação água/cimento de 0,9 foi a que menos perdeu ar incorporado ao longo do tempo, e a que chegou ao final com teor de ar incorporado também maior.

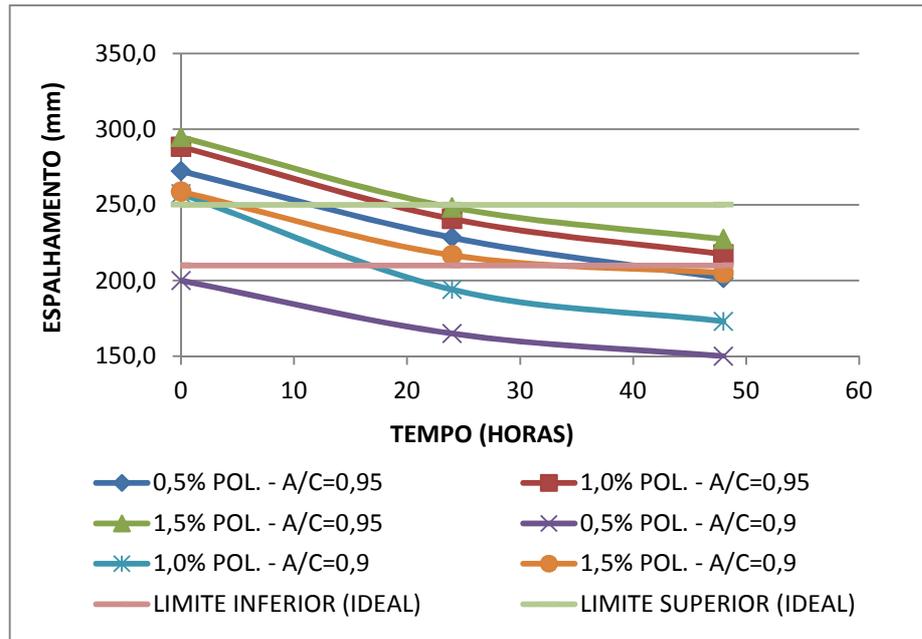


Figura 27: Análise do espalhamento com adição de polímero com diferentes teores de água.
FONTE: Autores, 2013.

A curva de consistência da argamassa com 1,5% de polímero e relação água/cimento igual a 0,9, foi a que mais permaneceu dentro dos limites superiores e inferiores estabelecidos para o espalhamento. Por isso, estas porcentagens foram escolhidas para compor a argamassa de referência número dois. Entretanto, como a incorporação de ar ficou abaixo dos limites ideais, outro ensaio, foi elaborado para descobrir a porcentagem de teor de ar incorporado. Já com uma adição de 0,1% de ar a argamassa com adição de polímero atingiu o teor de ar incorporado e de espalhamento desejável. Assim, a argamassa de referência dois (Ref.2) ficou definida conforme Tabela 19.

Tabela 19: Traço unitário (em massa) das argamassas ensaiadas.

Tipo de Argamassa ensaiada	Traço (em massa)
	Cimento: Areia: Estabilizador (%): Inc. Ar (%): Copolímero (%): Água
REF 2	1 : 5,75 : 0,60 : 0,10 : 1,50 : 0,90

FONTE: Autores, 2013.

4.7 ANÁLISE DAS ARGAMASSAS DE REFERÊNCIA

Depois de encontrado os traços das argamassas de referência, verificou-se qual a diferença entre as estabilidades das duas misturas com relação ao tempo. A estabilidade foi medida através da verificação do teor de ar incorporado e da variação da consistência em diversos horários (0, 2, 4, 8, 12, 24 e 36 horas). As Figuras 28 e 29 apresentam

respectivamente a perda de teor de ar incorporado e a perda de consistência através do ensaio de *flow table* nas argamassas de Ref.1 (sem aditivo polimérico) e Ref.2 (com aditivo polimérico).

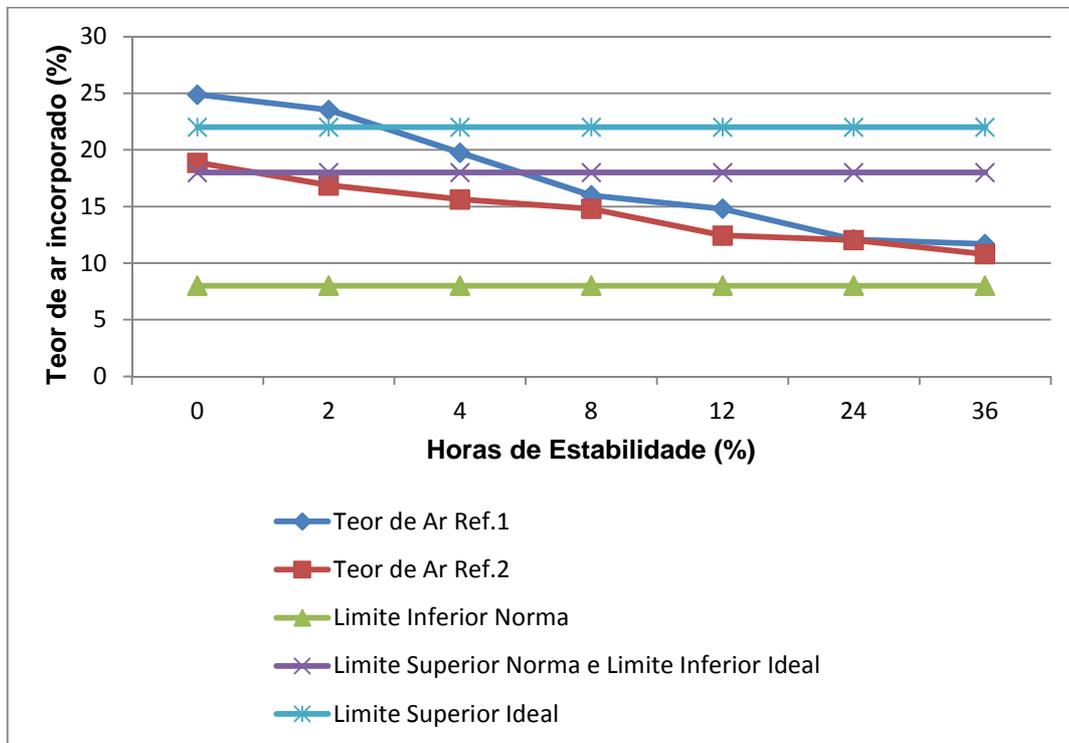


Figura 28: Curvas de ar incorporado nas argamassas de referência comparadas com os limites usuais e os normatizados.
FONTE: Autores, 2013.

Analisando-se os dados apresentados na Figura 28 percebe-se que a variação do teor de ar incorporado inicial e final da argamassa Ref.1 possuiu uma maior amplitude comparada à variação de teor de ar no início e final de estabilidade da Ref.2. A diferença entre os teores iniciais e finais de ar da argamassa de Ref.1 foi equivalente a 13,2%, enquanto a mesma diferença entre os valores iniciais e finais do teor de ar da Ref.2 foi de 8,07%. Foi identificado também que a quantidade de ar incorporado com 36 horas de estabilidade da argamassa é quase semelhante entre as duas referências. Assim, pode-se afirmar que um teor de ar elevado (superior ao limite usual) é de difícil manutenção.

Os valores de teor de ar incorporado da argamassa de Ref.2 ficam entre as margens propostas como limite inferior e superior, dados pela norma, em todas as horas ensaiadas. É perceptível que a argamassa de Ref.1 possui um comportamento muito semelhante a perda de teor de ar da Ref.2 a partir de 8 horas de estabilidade, o que é um indício de que o ar excessivo ganhado pela argamassa sem polímero é perdido nas primeiras horas após sua confecção.

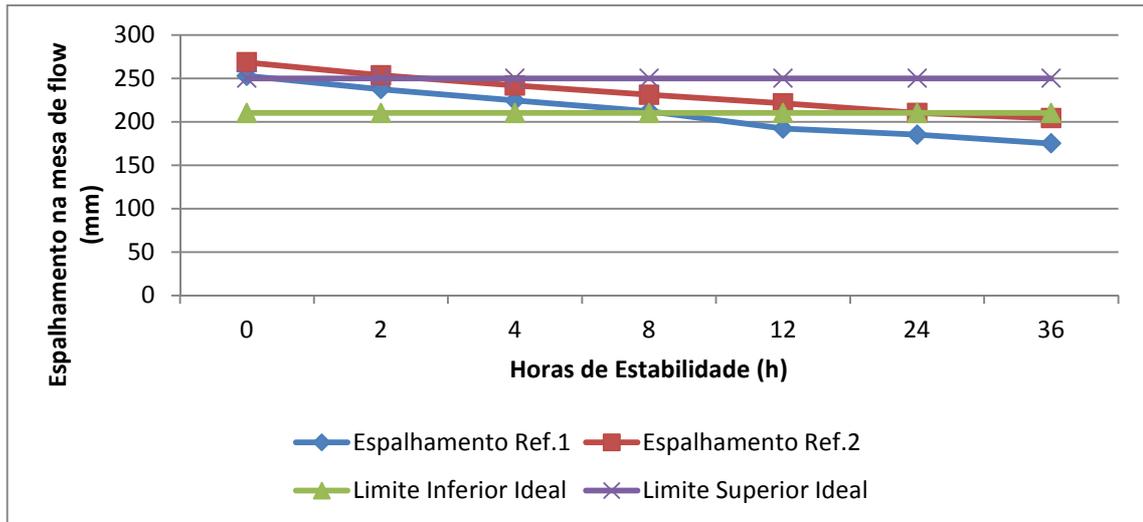
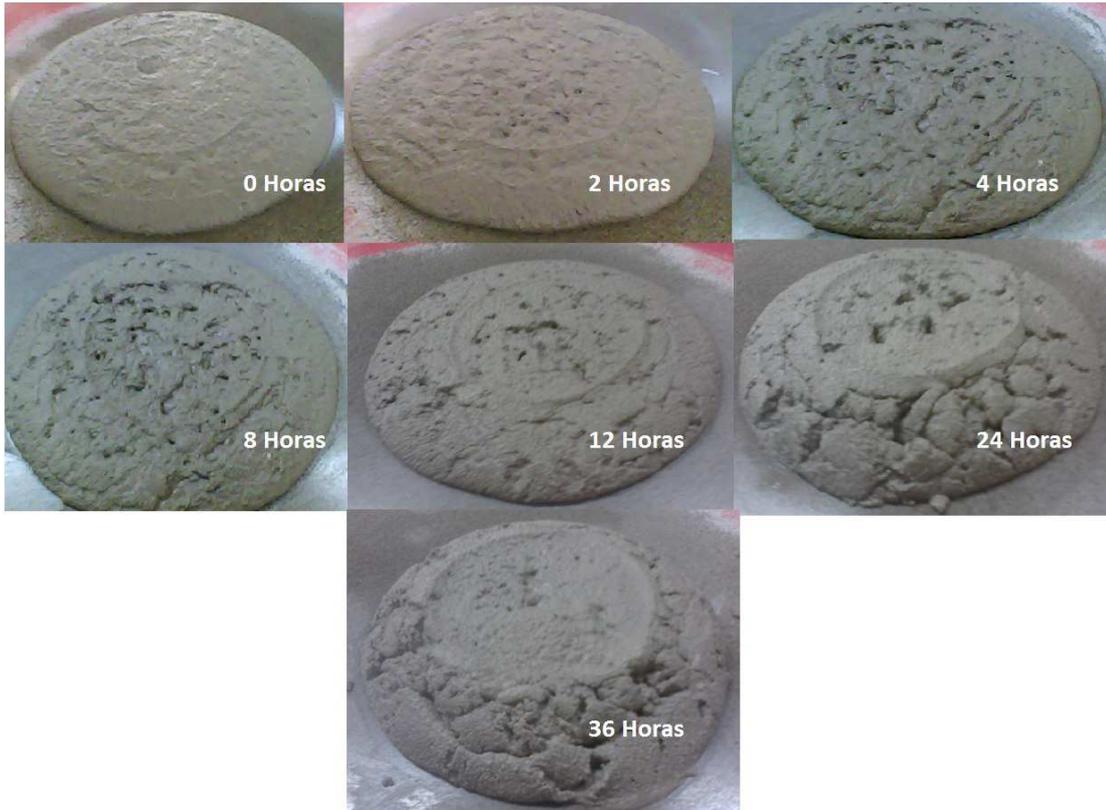


Figura 29: Curvas de perda de consistência nas argamassas de referência comparadas com os limites usuais e os normatizados.
FONTE: Autores, 2013.

Analisando-se os dados apresentados na Figura 29, verificou-se que o comportamento da perda de consistências das argamassas estabilizadas com o passar do tempo decresce de forma semelhante nas duas misturas analisadas. A argamassa de Ref.2 apresentou um espalhamento inicial maior que o da Ref.1 independente de uma menor relação água/cimento em sua composição. Este fato pode ser atribuído a uma maior incorporação de ar inicial da argamassa de Ref.1. Sabe-se que o espalhamento das argamassas funciona em conjunto com a incorporação de ar. Quando existe um teor de ar maior nas argamassas o espalhamento é mais controlado. Como a argamassa de Ref.1 possuiu uma incorporação inicial maior, seu *flow* ficou mais reduzido se comparado a Ref.2.

O espalhamento inicial da Ref.2 ficou pouco acima do teor considerado ideal para a distribuição de argamassas estabilizadas pela indústria produtora e seu comportamento, com o passar das horas, ficou dentro do previsto, não ultrapassando o limite inferior, que prejudica a aplicação da argamassa como revestimento. A argamassa de Ref.2 iniciou seu período de estabilidade com um diâmetro de espalhamento igual ao ideal, porém com o passar das horas houve um decréscimo maior deste parâmetro e no final das horas de estabilidade possuiu um diâmetro de espalhamento de 175 mm (menor que o limite inferior desejado).

As Figuras 30 e 31 apresentam o aspecto do espalhamento das argamassas de Ref.1 e Ref.2, respectivamente, com o passar das horas de estabilidade.



**Figura 30: Espalhamento da Ref.1 com o passar das horas.
FONTE: Autores, 2013.**



**Figura 31: Espalhamento da Ref.2 com o passar das horas.
FONTE: Autores, 2013.**

4.8 DESIDADE DE MASSA

A Tabela 20 apresenta os resultados para a densidade de massa o estado fresco obtidos com as argamassas de referência.

Tabela 20: Densidade de massa das argamassas de referência.

	Massa Específica 0 horas (g/cm³)	Massa Específica 96 horas (g/cm³)
Ref.1		
MÉDIA	1,72	1,71
Desvio Padrão	0,02	0,02
Variância	1,24	1,22
Ref.2		
MÉDIA	1,79	1,77
Desvio Padrão	0,01	0,01
Variância	0,31	0,29

FONTE: Autores, 2013.

A argamassa de referência sem adição de polímero (Ref.1) é mais leve que a argamassa de referência com adição de polímero (Ref.2), porém a diferença entre as duas é relativamente pequena.

4.9 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A Tabela 21 e a Figura 32 apresentam os resultados de resistência a compressão obtidos com as argamassas de referência.

Tabela 21: Resistência à compressão das argamassas de referência.

	Ref. 1			Ref. 2		
	7 dias	14 dias	28 dias	7 dias	14 dias	28 dias
Resistência (Mpa)	2,83	5,64	6,32	3,56	4,06	6,31
Desvio Padrão	309,84	2825,42	1746,85	786,44	963,37	1754,73
Variância	5,57	25,50	14,07	11,24	12,07	14,15

FONTE: Autores, 2013.

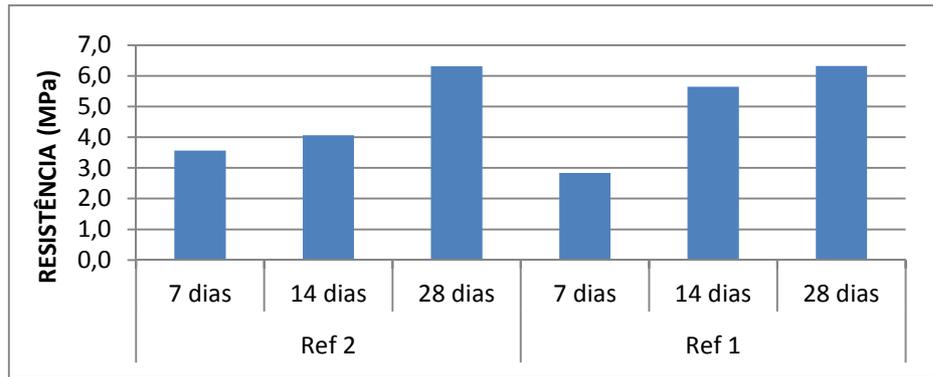


Figura 32: Resistência a Compressão das argamassas de referência.
FONTE: Autores, 2013.

Notou-se que a argamassa de referência com adição de polímero obteve maiores resultados de resistência a compressão inicialmente, sendo que com 28 dias as resistências mecânicas à compressão se igualam. Todas apresentaram valores aceitáveis pela NBR 13281, identificadas como classe II de acordo com a tabela 5 referentes a resistência aos 28 dias, acima de 6Mpa.

4.10 CAPACIDADE DE RETENÇÃO

As argamassas de referência 1 e de referência 2 foram analisadas quanto a retenção de água, de acordo com o descrito no item 3.2.2. Para tal produziram-se as misturas e logo em seguida mediram-se os espalhamentos, posteriormente elas foram colocadas e adensadas sobre o funil, aplicando durante um minuto uma pressão específica que simularia a perda de água para o ambiente/substrato. Após, mediu-se novamente o flow das misturas, verificando se a diferença entre os espalhamentos foi muito grande ou pouco significativa. O ensaio foi repetido após 24 horas para verificar como a argamassa se comportava quanto à retentividade passado boa parte de sua vida útil. Os valores de espalhamento antes e após a sucção, após a confecção da argamassa e após 24 horas de estabilidade são apresentados na Tabela 22.

Tabela 22: Espalhamento das argamassas no ensaio de retenção de água (0 e 24 Horas).

Espalhamento (mm)				
Horário de Estabilidade	0 Horas		24 Horas	
	Antes	Após	Antes	Após
Subpressão de 51 mmHg				
Ref.1	280,00	205,00	245,00	225,00
Ref.2	250,00	191,67	215,00	200,00

FONTE: Autores, 2013

A Tabela 23 apresenta os índices de retenção de água das argamassas Ref.1 e Ref.2 logo após a confecção e após 24 horas de estabilidade.

Tabela 23: Índice de retenção de água nas argamassas de referência a 0 e 24 horas.

Índice de retenção de água		
Horário de Estabilidade	0 Hora	24 Horas
Ref.1	51,61	75,00
Ref.2	53,33	83,33

FONTE: Autores, 2013.

A argamassa Ref.2 possui um índice de retenção de água maior que o da argamassa Ref.1, tanto no período logo após a fabricação da mistura como após 24 horas de estabilidade. Este parâmetro mostra que a argamassa com a adição de polímero comparada com as sem adição deste produto apresentam uma maior capacidade de prender a água à sua composição, perdendo assim uma menor quantidade deste elemento ao substrato e ao ambiente.

A argamassa Ref.2 apresentou uma maior manutenção do espalhamento quando submetida a uma pressão de sucção, o que comprova seu maior índice de retentividade. Isto pode ser considerado um parâmetro para uma análise de patologias dos revestimentos, pois existe uma tendência menor de fissuras da argamassa Ref.2 comparada a Ref.1, analisando-se este quesito.

4.11 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DE ARRACAMENTO

A Tabela 24 apresenta um resumo das tensões de aderência encontradas através do ensaio de arrancamento à tração nas argamassas de Ref.1 e Ref.2 aplicadas sobre o chapisco e diretamente sobre a alvenaria.

Tabela 24: Tensão de aderência das argamassas de Ref.1 e Ref.2 aplicadas sobre chapisco e sobre a alvenaria.

Corpo de Prova	Ref.1 - Com Chapisco	Ref.2 - Com Chapisco
	Tensão (Mpa) - Aderência	Tensão (Mpa) - Aderência
1	0,654	0,327
2	0,164	0,654
3	0,164	0,818
4	0,164	0,818
5	1,309	0,164
6	0,982	1,799
7	1,145	1,309
8	0,164	0,982
Média	0,593	0,859
Desvio Padrão	0,4294	0,3783

Corpo de Prova	Ref.1 - Sem Chapisco	Ref.2 - Sem Chapisco
	Tensão (Mpa) - Aderência	Tensão (Mpa) - Aderência
1	0,49	0,49
2	0,33	0,82
3	1,64	0,33
4	0,33	1,31
5	0,16	1,96
6	0,16	0,33
7	1,31	1,80
8	0,98	1,96
Média	0,67	1,12
Desvio Padrão	0,48	0,63

Fonte: Autores, 2013.

As figuras 33, 34, 35 e 36 mostram a forma de rompimento dos corpos de prova submetidos ao ensaio de tração ao arrancamento.

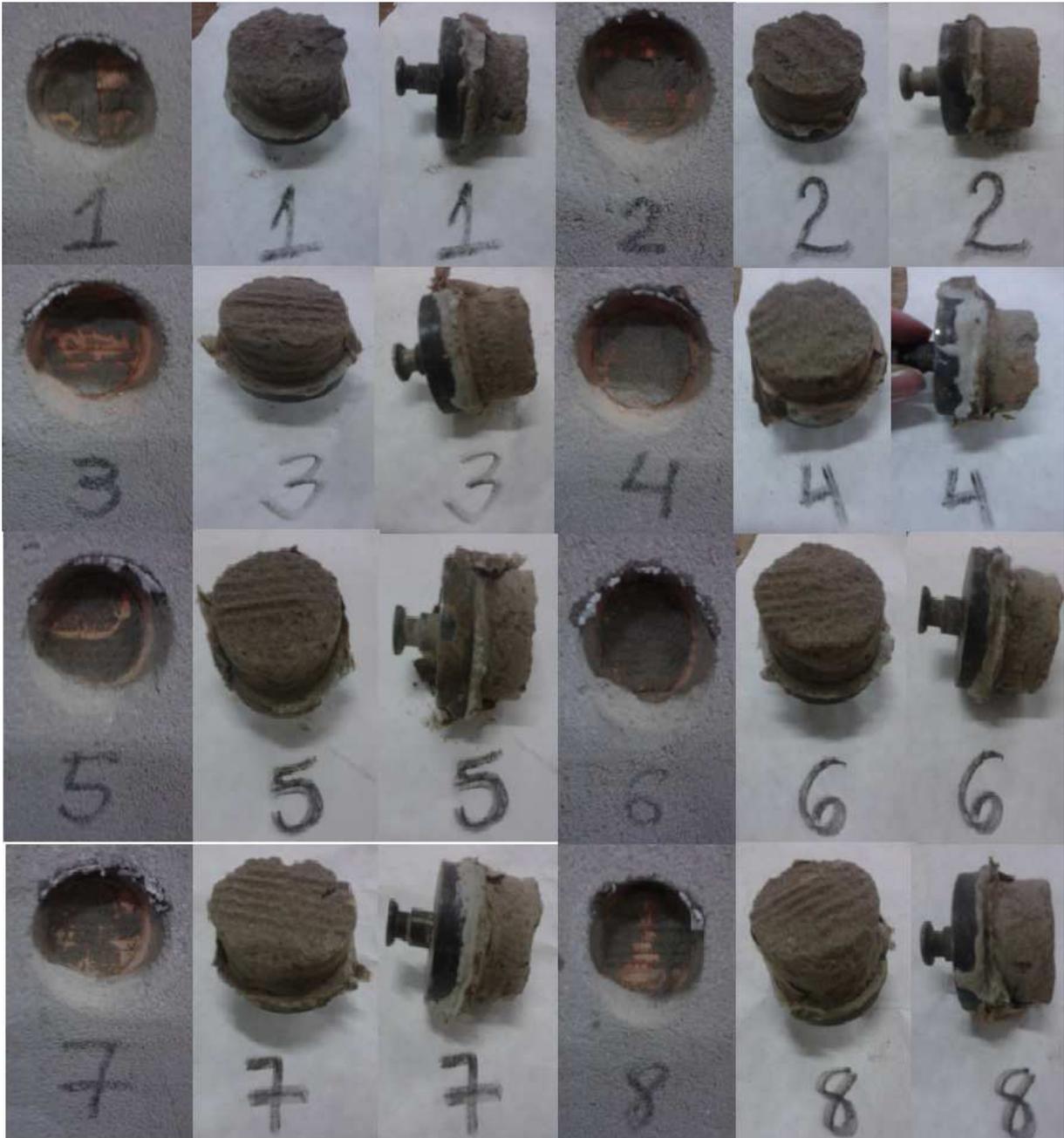


Figura 33: Ensaio de tração – argamassa de referência sem polímero e sem execução do chapisco.

FONTE: Autores, 2013.



Figura 34: Ensaio de tração – argamassa de referência com polímero e sem execução do chapisco.

FONTE: Autores, 2013.



Figura 35: Ensaio de tração – argamassa de referência sem polímero e com execução do chapisco.

FONTE: Autores, 2013.

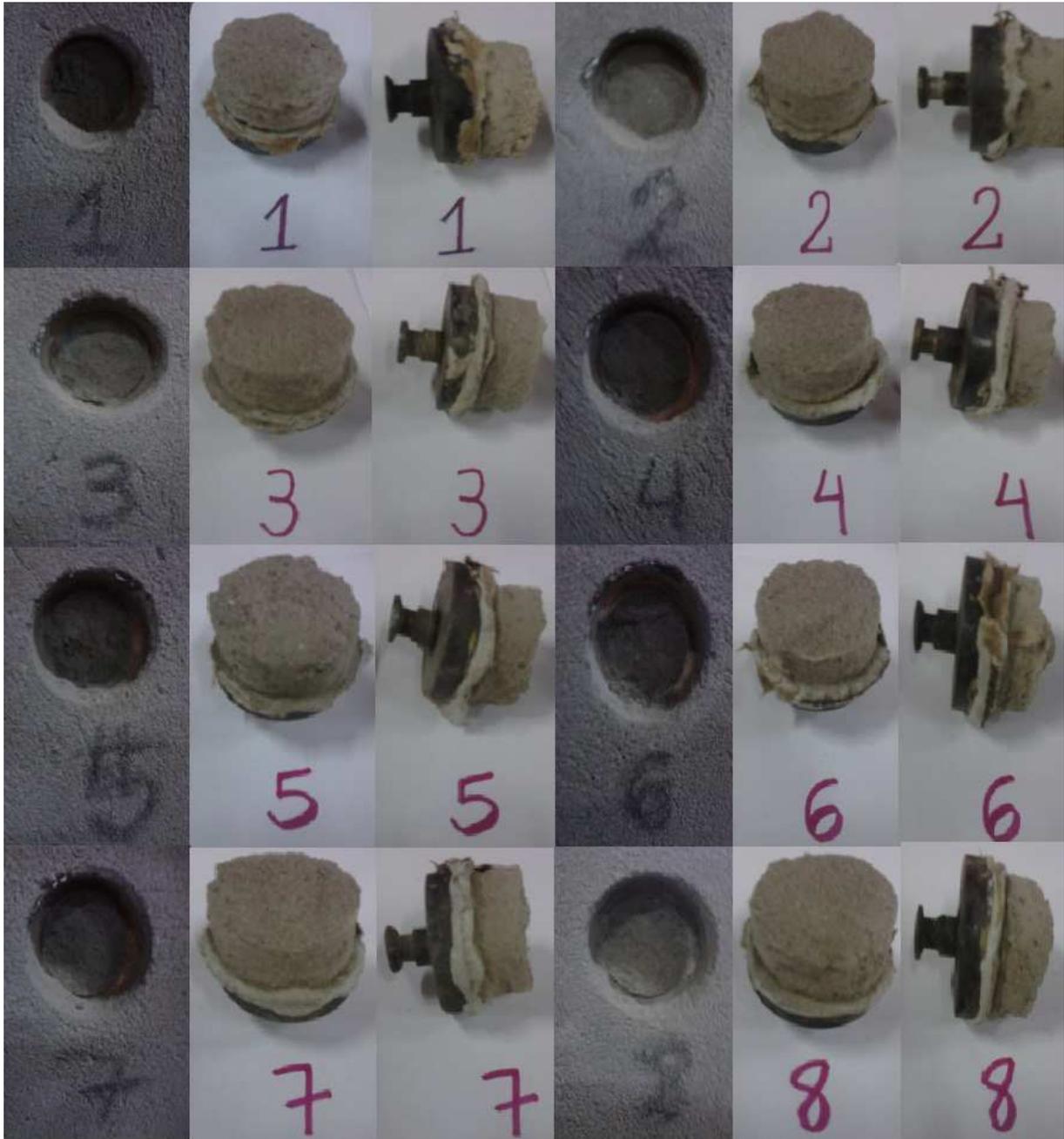


Figura 36: Ensaio de tração – argamassa de referência com polímero e com execução do chapisco.

FONTE: Autores, 2013.

Todas as argamassas aplicadas apresentaram uma resistência à tração superior aos limites mínimos presentes nas normas brasileiras. Considerando apenas este aspecto seria possível aplicar qualquer uma destas argamassas, com ou sem chapisco, em paredes de alvenaria, sem prejuízo a aderência dos revestimentos ao substrato.

Existe uma variação muito grande nas resistências obtidas através do ensaio de arrancamento, mesmo assim é possível verificar que a adição do aditivo adesivo promove um acréscimo na resistência de aderência das argamassas de revestimento.

Comparando-se as argamassas aplicadas sobre o chapisco, verificou-se que existe um incremento de resistência de 0,266 Mpa da Ref.1 para a Ref.2, sendo que os valores obtidos pelas duas são maiores que os propostos como mínimos (0,20 Mpa). Esta resistência elevada é dada através da utilização do coquetel de aditivos utilizado na composição das misturas, pois eles criam uma rede de poros mais densa dentro da matriz porosa da argamassa endurecida.

Analisando-se as argamassas aplicadas diretamente sobre a alvenaria de blocos cerâmicos, identificou-se que a resistência à aderência da argamassa de Ref.2 é 0,45 Mpa maior que a argamassa de Ref.1, o que demonstra a ação do aditivo polimérico na substituição da aderência física do chapisco.

4.12 COMPARATIVO ENTRE A DIFERENÇA DE CUSTO ENTRE AS ARGAMASSAS DE REF.1 E REF.2

As argamassas de referência 1 e referência 2 possuem o mesmo traço unitário de 1:5,75 (cimento: areia), variando apenas as quantidades de aditivos utilizados para a fabricação de cada uma das misturas. Assim comparou-se a diferença entre os custos das argamassas estabilizadas de referência. Cotou-se com os fabricantes o valor dos aditivos utilizados para a fabricação das misturas. O aditivo estabilizador e incorporador de ar, da indústria química Maxchem possui valor de R\$2,63/Litro, já a dissolução de copolímeros de estireno butadieno, da indústria Rheoset, possui o valor de R\$2,43/Litro.

A produção de 1,0 m³ de argamassa estabilizada gasta 230 Kg de cimento, sendo assim é possível calcular os valores da diferença entre os aditivos. A argamassa Ref.1 gasta 0,6% de aditivo estabilizador e 0,4% de aditivo incorporador de ar, o que agrega ao valor do m³ uma quantia de R\$6,05. A argamassa de ref.2 gasta 1,5% de aditivo adesivo (dissolução de copolímeros de estireno butadieno), 0,6% de aditivo estabilizador e 0,1% de incorporador de ar, que totaliza ao m³ de argamassa produzida uma quantia de R\$12,61. Sendo as quantidades de cimento e areia iguais para a fabricação das duas argamassas e a única variação de valores seria ocasionada pela mudança na dosagem dos aditivos, a argamassa de Ref.2 apresenta um custo por m³ maior que a argamassa de Ref.1 (semelhante a produzida comercialmente) de R\$6,56.

Analisando-se a utilização desta argamassa como revestimento, considerando uma espessura de 2,50 cm, a diferença entre o custo por m² das argamassas de Ref.1 e Ref.2 é de R\$0,16. Se for pensado que a argamassa de referência 2 apresenta potencial para a eliminação da etapa do chapisco na obra, esta minúscula diferença se torna irrisória.

5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Estudando a ação do aditivo incorporador de ar em propriedades da argamassa, como espalhamento, densidade de massa e teor de ar incorporado, percebeu-se que com 0,4% de aditivo incorporador de ar, em uma argamassa de traço 1:5,75:1 (cimento, areia e água), atinge-se o teor de saturação deste produto sendo que o teor de ar se mantém constante com porcentagens de adição maiores.

A adição do aditivo plastificante estabilizador pouco influencia na incorporação de ar. Com relação à densidade de massa, a adição de estabilizador deixa a argamassa mais leve, porém não tanto quanto a adição de incorporador de ar, já que a baixa densidade de massa está diretamente ligada ao aumento do teor de ar incorporado. O espalhamento das argamassas com a adição de estabilizador cresce até um ponto de estabilidade, daí em diante a adição de estabilizador só irá influenciar no tempo que a argamassa permanecerá trabalhável (teor de saturação do aditivo). Neste caso, quanto maior for a porcentagem de adição de estabilizador, maior será o tempo em aberto da argamassa. Entretanto, há também uma quantidade máxima de estabilizador que limita o uso do mesmo, sendo que em porcentagens maiores o estabilizador já não faz mais efeito.

Analisando a ação dos aditivos: incorporador de ar e plastificante estabilizador, utilizados em conjunto, a adição de 0,4% de aditivo incorporador de ar juntamente com 0,6% de aditivo plastificante estabilizador, é capaz manter a trabalhabilidade e a consistência da argamassa ao longo de um período de 48 horas. Esses aditivos, além de permitirem uma argamassa de longa duração ainda fazem com que ela apresente baixa ou quase nenhuma segregação ou exsudação ficando ainda mais leve. Com a adição do aditivo retardador de pega, pouco influencia no aumento do espalhamento das argamassas com 0,4% de adição de incorporador de ar. Entretanto, com relação ao teor de ar incorporado, argamassa com adição de incorporador de ar combinadas com a adição de estabilizador, apresentam um aumento maior do ar incorporado do que argamassas com adição somente do estabilizador. Ou seja, esses dois aditivos combinados fazem com que a argamassas apresente uma porcentagem de teor de ar incorporado maior do que se usados separadamente.

Com a adição somente de polímero adesivo, as argamassas apresentaram aumento do teor de ar incorporado. Entretanto, este incremento não é significativo, além do mais ao longo do tempo essas argamassas perderiam o ar com maior facilidade. Assim, verificou-se que a utilização somente do aditivo adesivo não é capaz de promover a incorporação de ar nas argamassas, sendo assim indispensável a colocação do aditivo incorporador de ar na composição de uma argamassa estabilizada que tenha o copolímero adesivo. Entretanto, a adição de incorporador é bem reduzida se comparada com a argamassa estabilizada comumente comercializada.

Para a argamassa com 1,5% de polímero e uma relação água/cimento de 0,9 foi a que menos perdeu ar incorporado ao longo do tempo, e a que chegou ao final com teor de ar incorporado também maior. É perceptível também que a curva de consistência da argamassa com 1,5% de polímero e relação água/cimento igual a 0,9 permaneceu dentro dos limites superiores e inferiores estabelecidos para o espalhamento.

Contrapondo os resultados da análise de estabilidade das duas argamassas de referência, com (Ref.2) e sem (Ref.1) adição de polímero, percebeu-se que a variação do teor de ar incorporado inicial e final da argamassa Ref.1 possuiu uma maior amplitude comparada à variação de teor de ar no início e final de estabilidade da Ref.2. A diferença entre os teores iniciais e finais de ar da argamassa de Ref.1 foi equivalente a 13,2%, enquanto a mesma diferença entre os valores iniciais e finais do teor de ar da Ref.2 foi de 8,07%. Também foi verificado que a quantidade de ar incorporado com 36 horas de estabilidade da argamassa é quase semelhante entre as duas referências. Assim, pode-se afirmar que um teor de ar elevado (superior ao limite usual) é de difícil manutenção.

Os valores de teor de ar incorporado da argamassa de Ref.2 ficam entre as margens propostas como limite inferior e superior, dados pela norma, em todas as horas ensaiadas. É perceptível que a argamassa de Ref.1 possui um comportamento muito semelhante à perda de teor de ar da Ref.2 a partir de 8 horas de estabilidade, o que é um indício de que o ar excessivo ganhado pela argamassa sem polímero é perdido nas primeiras horas após sua confecção.

O comportamento da perda de consistências das argamassas estabilizadas com o passar do tempo decresce de forma semelhante nas duas misturas analisadas. A argamassa de Ref.2 apresentou um espalhamento inicial maior que o da Ref.1 independente de uma menor relação água/cimento em sua composição. Este fato pode ser atribuído a uma maior incorporação de ar inicial da argamassa de Ref.1. Sabe-se que o espalhamento das argamassas funciona em conjunto com a incorporação de ar. Quando existe um teor de ar maior nas argamassas o espalhamento é mais controlado. Como a argamassa de Ref.1 possuiu uma incorporação inicial maior, seu *flow* ficou mais reduzido se comparado a Ref.2.

O espalhamento inicial da Ref.2 ficou pouco acima do teor considerado ideal para a distribuição de argamassas estabilizadas pela indústria produtora e seu comportamento, com o passar das horas, ficou dentro do previsto, não ultrapassando o limite inferior, que prejudica a aplicação da argamassa como revestimento. A argamassa de Ref.2 iniciou seu período de estabilidade com um diâmetro de espalhamento igual ao ideal, porém com o passar das horas houve um decréscimo maior deste parâmetro e no final das horas de estabilidade possuiu um diâmetro de espalhamento de 175 mm (menor que o limite inferior desejado).

Observou-se que a argamassa de referência com adição de polímero obteve maiores resultados de resistência a compressão em quase todas as idades. Todas apresentaram valores aceitáveis pela NBR 13281, identificadas como classe II de acordo com a Tabela 5 referentes à resistência aos 28 dias, acima de 6 Mpa.

Sabe-se que nas obras é muito comum adicionar-se certa quantidade de água após um período de tempo da vida útil da argamassa. Este fato contribui para o aumento da trabalhabilidade da argamassa já que esta adição posterior proporciona um aumento do teor de ar e espalhamento da argamassa. Porém devem ser tomados alguns cuidados com relação a quantidades elevadas de água adicionadas ao produto, porque isto pode ocasionar uma diminuição da resistência mecânica dos revestimentos, além de uma maior perda de água para o substrato e para o ambiente, já que a quantidade de água necessária para realizar as reações de hidratação do cimento é menor que a necessária para fornecer trabalhabilidade à mistura. Assim, a quantidade excessiva de água, que não é utilizada no processo de hidratação, é perdida superficialmente (por evaporação) ou através do contato entre argamassa e substrato, devido ao gradiente hidráulico que surge na base, pela diferença de sucção. Desta perda de água surge a porosidade da argamassa.

Os resultados de resistência à compressão podem ser explicados já que a resistência mecânica é inversamente proporcional ao aumento da relação água/cimento da argamassa, e a argamassa Ref.2 apresenta em sua composição uma relação água/cimento menor que a Ref.1.

Com a redução do incorporador de ar em argamassas com adição de polímero, além da redução da relação água/cimento, incremento na resistência há a redução dos poros auxiliando na redução da porosidade da argamassa no estado endurecido.

A argamassa de Ref.2 apresenta um maior índice de retenção de água, que a argamassa de Ref.1, o que significa que existe uma maior dificuldade da primeira perder água para o substrato. Sabe-se que chapisco é a camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou descontínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento, desta forma, como existe uma maior retentividade na argamassa de Ref.2 comparada a de Ref.1, esta pode auxiliar na substituição da capacidade de uniformizar a absorção fornecida pelo chapisco, em revestimentos diretamente aplicados sobre o substrato. Entretanto mais estudos devem ser realizados para a constatação deste resultado.

De acordo com a NBR 13749 (ASSOCIAÇÃO..., 1996), qualquer uma das argamassas poderia ser utilizada para revestimentos internos, externos ou teto, pois todas apresentaram resistência de aderência à tração superiores as mínimas permitidas, de 0,20 Mpa para paredes internas (pintura ou base para reboco e teto) e 0,30 Mpa para paredes externas ou internas para aplicação de cerâmica ou laminados.

Existe uma variação muito grande nas resistências obtidas através do ensaio de arrancamento, mesmo assim é possível comprovar que a adição do aditivo adesivo promove um acréscimo na resistência de aderência das argamassas de revestimento, sendo que a Ref.2 obteve um melhor desempenho se comparada a Ref.1 no ensaio de aderência tanto aplicada sobre o chapisco quanto diretamente sobre o substrato.

Com relação a análise de custo, a utilização da argamassa com adição de polímero como revestimento, apresenta um custo por m² de R\$0,16 maior que a referência 1 (argamassa estabilizada comum). Se for pensado que a argamassa de referência 2 apresenta potencial para a eliminação da etapa do chapisco na obra, esta minúscula diferença se torna irrisória.

Apesar dos resultados deste trabalho terem sido favoráveis a utilização desta argamassa ainda percebe-se que existe uma dificuldade de inserção da argamassa estabilizada no mercado local, talvez por desconhecimento das vantagens deste tipo de argamassa ou pela falta de maior controle técnico por parte das fornecedoras.

Contudo, para inserção desta argamassa no mercado é necessário um estudo mais aprofundado sobre outras propriedades também importantes para um bom revestimento. Desta forma no item 6 apresenta-se sugestões para continuidade deste estudo.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A fim de aperfeiçoar e/ou dar continuidade a este trabalho de pesquisa, seria interessante explorar os seguintes pontos:

- Analisar a aderência dos diferentes tipos de rebocos como, por exemplo, a massa fina, em emboços com argamassas estabilizadas com adição de polímero. Analisar também a aderência de azulejos nesse tipo de emboço;
- Analisar a perda de água da argamassa para a parede e para o ar, quando utilizada como emboço;
- Analisar o comportamento do revestimento argamassado com adição de copolímeros com argamassas de 24, 36 e 72h, bem como sua aplicação tanto nas primeiras como nas últimas horas de trabalhabilidade;
- Analisar as propriedades da argamassa convencional (não estabilizada) no estado fresco e endurecido com adição de copolímeros;
- Estudar a ação do aditivo incorporador de ar na resistência, permeabilidade e retenção de água das argamassas;
- Analisar possíveis patologias causadas por fatores internos e externos ao revestimento ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7200**: execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – procedimento. Rio de Janeiro, 1998. 13p.

_____. **NBR 7215**: cimento Portland - determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1997. 4p.

_____. **NBR 7222**: concreto e argamassa: determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011. 5p.

_____. **NBR 9779**: concreto e argamassa endurecido: determinação da absorção de água por capilaridade – método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012. 3p.

_____. **NBR 13276**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005. 3p.

_____. **NBR 13277**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005a. 3p.

_____. **NBR 13278**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005b. 4p.

_____. **NBR 13279**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005c. 9p.

_____. **NBR 13281**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - requisitos. Rio de Janeiro, 2005d. 7p.

_____. **NBR 13528**: revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2010. 11p.

_____. **NBR 13529**: revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 1995b. 8p.

_____. **NBR 13749**: revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - especificação. Rio de Janeiro, 1996. 6p.

_____. **NBR 15900 – 1**: Água para amassamento de concreto – Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2009, 11p.

_____. **NBR NM 46**: agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003b, 6p.

_____. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003a. 6p.

BAUER, Elton; RAMOS, Daiane V. M.; SANTOS, Carla C. N.; PAES, Isaura L.; SOUSA, José. G. G. de ; ALVES, Nielsen J. D.; GONCALVES, Sérgio R.; LARA, Patrícia. L. O. **Revestimentos de argamassa - características e peculiaridades**. 1. ed. BRASÍLIA: LEM-UnB - SINDUSCON/DF, 2005. v. 1. 92 p.

CARASEK, H. **Aderência de argamassas à 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, São Paulo (SP), 1996, 285p.

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

CASALI, Juliana. M.; NETO Artur. M.; ANDRADE, Daniela. C. de, ARRIAGADA, Nicolle. T. **Avaliação das propriedades do estado fresco e endurecido da argamassa estabilizada para revestimento.** In: IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 2011, Belo Horizonte. **Anais eletrônicos...** Disponível em: < <http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/426-avaliacao-das-propriedades-do-estado-fresco-e-endurecido-da-argamassa-estabilizada-para-revestimento>>. Acesso em: 22 jun. 2012.

CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CASCUDO, H. C. **Argamassa de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio.** São Paulo, IPT. 1995.

CONTROLE TÉCNICO HOBIMIX. **Apostila de Controle Técnico Hobimix.** Documento Interno. União da Vitória – PR, 2011.

DIPROTEC. **Retardadores de Pega.** Dicas de Uso. Curitiba, 2010. Disponível em: < <http://www.diprotec.com.br/dicas---uso-de-aditivos---retardadores>>. Acesso em 20 fev. 2013.

FLORENZANO, Fábio H. **Perspectivas atuais para a obtenção controlada de polímeros e suas características.** Scielo Brasil - Scientific Electronic Library Online, Polímeros vol. 18 n°2, São Carlos, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282008000200006>>. Acesso em 05 jan.2013.

GOMES, Adailton. O. **Propriedades das Argamassas de Revestimentos e Fachadas.** Escola Politécnica da UFBA. Comunidade da Construção, Salvador, 2008. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/comunidades/salvador/ciclo3/htms/download/Propriedades_das_argamassas_de_revestimento_2008.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2012, 20:15.

ITAMBÉ. **Relatório de ensaios: Cimento Portland composto com fíler.** Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/produtos/cp-ii-f-32/>>. Acesso em: 10 de jan. 2013.

JOHN, V. M. **Avaliação da durabilidade de materiais componentes e edificações: emprego de índices de degradação.** Porto Alegre, 1987. 115p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1987.

MACIEL, L. L.; BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H. **Recomendações para Execução de Revestimentos de Argamassa para paredes de vedação internas e externa e tetos.** São Paulo, 1998.

MAXCHEM, produtos químicos Ltda. **Ficha técnica do Aditivo incorporador de ar para argamassas AE 10.** São Paulo, 2012a.

MAXCHEM, produtos químicos Ltda. **Ficha técnica do Aditivo plastificante retardador para argamassas estabilizadas AE 20.** São Paulo, 2012b.

MELO, Marcos T. de. Olimpíadas de 2016: oportunidade para a construção civil. **CREA-SC**, Brasília, out. 2009. Disponível em: <<http://www.crea-sc.org.br/portal/index.php?cmd=artigos-detalle&id=570>>. Acesso em: 25 jun. 2012.

MIRANDA, Lina Maria Carvalho da Costa. **Estudo comparativo entre argamassa de revestimento à base de cimento com adição da cal hidráulica e da cal hidratada**. Dissertação para obtenção de grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Portugal, 2009.

MOTA, Alcio Lopes; GIORDANELLI, Alberto; MORAES, Cláudio Roberto Klein de; MOTTA, Decio Lopes; RESENDE, Fabricio Meneses; RASTELLI, Graciela; JONES, Paulo Jorge Torres; CÂNEVA, Ricardo A. **Traços recomendados para argamassas**. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2002. Disponível em: <<http://www.cimentoeareia.com.br/tracos.htm>>. Acesso em: 03 de abr. de 2013.

NELSON, R. L.; SCHMIDT, S.; MUNRO, C.; LAUBER, R.; PISTILLI, M.; GATES, R.; SEYL, J. **Ready mix mortar in the United States**. In: 8th IBMAC (International Brick and Block Masonry Conference, 1988 Dublin. Anais... Dublin, 1988. v. 1. p. 150-161.

NETO Antônio. A. A. M.; DJANIKIAN, João. G. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. **Aspectos de desempenho da argamassa dosada em central**, São Paulo, ISSN 0103-9830, serie BT/PCC/235, 1999.

NETO, Artur. M.; ANDRADE Daniela. C. de; SOTO, Nicolle. T. A. **Estudo das propriedades e viabilidade técnica da argamassa estabilizada**. 2010. 127 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Engenharia da Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

NEVILLE, A. **Propriedades do concreto**. São Paulo: PINI. 1997.

OLIVEIRA, Flávio. A. L. de. **Argamassa Industrializada: Vantagens e Desvantagens**. 2006. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso Superior de Engenharia Civil. Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://engenharia.anhembi.br/tcc-06/civil-16.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2012.

PINTO, Mauro E. C. B.; VISCONTE, Leila Y; NUNES, Regina C. R.; LUZ, Rinaldo F. **Adesivos poliméricos à base de SBR – Influência de diferentes tipos de agentes promotores de adesão**. Scielo Brasil - Scientific Electronic Library Online, Polímeros vol. 21 nº.4, Epub, São Carlos, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282011005000047>>. Acesso em: 05 jan.2013.

RHEOSET, produtos químicos Ltda. **Ficha técnica do Aditivo promotor de aderência para argamassas TecFix Plus**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.rheoset.com.br/hotsite/fichas-tecnicas/tecfixplus.pdf>>. Acesso em: 20 de mar. 2012.

RILEM. MR-3. **The Complex Workability – Consistence – Plasticity**. France, 1982.

ROCHA, Tereza C. J.; SOARES, Bluma G.; COUTINHO Fernanda M. B. **Principais copolímeros elastoméricos à base de butadieno utilizados na indústria**. Scielo Brasil - Scientific Electronic Library Online, Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 17, nº 4, p. 299-307, 2007. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/po/v17n4/a09v17n4.pdf>>. Acesso em: 05 jan.2013.

SABBATINI, F. H.; BAÍA, L. L. M. **Projeto e Execução de Revestimentos de Argamassa**. 4. ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2008. 80 p.

SANTOS, Altair. Características e benefícios da argamassa estabilizada. **Cimento Itambé**, São Paulo, jun. 2009. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/caracteristicas-e-beneficios-daargamassa-estabilizada/>>. Acesso em: 23 jun. 2012.

SANTOS, Heraldo B. dos. **Ensaio de Aderência das Argamassas de Revestimento**. 2008a. 50 f. Monografia – Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2008. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Monografia%20Heraldo%20Barbosa.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

SANTOS, Maria L. L. O. **Aproveitamento de resíduos minerais na formulação de argamassas para a construção civil**. 2008b. 165 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008. Disponível em: <http://bdtd.bczm.ufrn.br/tesesimplificado/tde_arquivos/25/TDE-2008-11_14T103017Z-1560/Publico/MariaLLOS.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2012.

SIKA. **Ficha técnica do adesivo epóxi Sikadur**. Osasco, 2011.

SILVA, Daiana. S. **Estudo comparativo dos métodos de produção de argamassas de revestimento utilizados em obras do município de Tubarão**. 2008. 98 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso Superior de Engenharia Civil. Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2008. Disponível em: < http://portal2.unisul.br/content/navitacontent_/userFiles/File/pagina_dos_cursos/Engenharia_Civil_Tubarao/TCC_DAIANA.pdf >. Acesso em: 22 out. 2012.

SILVA FILHO, Antônio F. da. Revestimento de fachadas: aspectos executivos, 2009). In. VII Semana pensando em argamassa, 2009, Salvador. **Anais eletrônicos...** Disponível em: < <http://www.nst.ufba.br/files/Antonio%20Freitas.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2012.

SILVA, Narciso G. da. **Argamassa de Revestimento de Cimento, Cal e Areia Britada de Rocha Calcária**. 2006. 180 f. Dissertação (Mestrado Construção Civil) - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil – PPGCC/UFPR, Setor de Tecnologia, da Universidade Federal do Paraná, 2006. Disponível em: < <http://www.ppgcc.ufpr.br/dissertacoes/d0070.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

SNIC. Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. **Perfil da distribuição do cimento Portland consumido**. Disponível em: <http://www.snic.org.br/>. Acesso em: 29 mai. 2012.

SEOP. Secretaria de Estado de Obras Públicas do Governo do Estado do Paraná. **Planilha de quantidades e preços**. Disponível em: < http://www.seop.pa.gov.br/docs/Planilha_abril_2012_definitiva.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2012.

TAVARES, A. B. **Estudo da utilização de argamassas dosada em central em Santa Maria, RS**. 2008. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso Superior de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

PANARESE, W. C, KOSMATKA, S. H., RANDALL, F. A. **Concrete Masonry Handbook for architects, Engineers, Builders**. Portland Cement Association, 5ª ed. Estados Unidos da América, 1991. 219p.

TOKUDOME, Naguisa. **Concreto Estabilizado**. Acessoria Comercial Itambé. Portal Itambé – Inovações e novas Tecnologias sobre o concreto. Curitiba, 2008. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/concreto-estabilizado/>>. Acesso em 20 fev. 2013.

VANDERLEI , Romel Dias. **Notas de aula do programa de pós-graduação em engenharia urbana**. Aditivos para concreto. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <<http://www.gdace.uem.br/romel/MDidatico/ConcretosEspeciais/PEU4025-Aula05-Aditivos%20para%20Concreto.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2013.

YAZIGI, Walid. **A Técnica de Edificar**, Walid Yazigi. 7ª Ed. São Paulo, PINI, 2006.

WESTPHAL, Eduardo; WESTPHAL, Humberto; MADALOSSO, Cláudia; CARVALHO, Fernanda; ADAMS, Kátia. **Argamassas**. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Disponível em: <<http://www.arq.ufsc.br/arq5661/Argamassas/index.html>>. Acesso em 12 de jan. de 2013.