



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DA ARGAMASSA
ESTABILIZADA PARA REVESTIMENTO EXTERNO: APLICAÇÃO
EM DIFERENTES SUBSTRATOS, DURANTE DIFERENTES
PERÍODOS DE UTILIZAÇÃO**

Mônica Dachery

Lajeado, novembro de 2015

Mônica Dachery

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DA ARGAMASSA
ESTABILIZADA PARA REVESTIMENTO EXTERNO: APLICAÇÃO
EM DIFERENTES SUBSTRATOS, DURANTE DIFERENTES
PERÍODOS DE UTILIZAÇÃO**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso – Etapa II, na linha de formação específica em Engenharia Civil, do Centro Universitário UNIVATES, como parte da exigência para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Rafael Mascolo

Lajeado, novembro de 2015

Mônica Dachery

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DA ARGAMASSA
ESTABILIZADA PARA REVESTIMENTO EXTERNO: APLICAÇÃO
EM DIFERENTES SUBSTRATOS, DURANTE DIFERENTES
PERÍODOS DE UTILIZAÇÃO**

A Banca examinadora abaixo aprova o Trabalho de Conclusão apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso – Etapa II, na linha de formação específica em Engenharia Civil, do Centro Universitário UNIVATES, como parte da exigência para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil:

Prof. Me. Rafael Mascolo – orientador

Centro Universitário UNIVATES

Lajeado, novembro de 2015

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho primeiramente aos meus pais, Volmir e Luciana, que foram desde o início fundamentais para a realização desta conquista! Às minhas irmãs, Bruna e Rafaela; aos meus avós, vô Nirso, vó Cládis e vó Ines, e ao meu falecido vô Luis, pois mesmo não estando mais presente entre nós, tenho certeza que me acolhe e protege em seus pensamentos.

A família com certeza é o melhor bem que temos e que conquistamos por isso a presença e o apoio de cada membro dela é que nos faz termos força para seguir nos momentos mais difíceis. Esta caminhada foi de muito esforço, dedicação, trabalho, aprendizado e muita alegria, e o apoio da minha família foi a base de todos os passos.

Agradeço ao setor de Engenharia e Manutenção da Univates por me acolher no início da minha vida profissional, e por ter me aberto caminhos e possibilidades de crescimento. Agradeço também à Engenhosul Obras Ltda, por me acolher, e proporcionar muito aprendizado, crescimento e responsabilidade, além de proporcionar trabalhar junto com pessoas competentes e amigas que sempre me apoiaram.

Aos meus colegas e amigos, por estarem por perto nos momentos de alegria e também nos momentos de dedicação, estudos e desesperos. Por proporcionarem uma formação que, além de conhecimento profissional, resultou em grandes amizades.

RESUMO

O revestimento de argamassa estabilizada trata-se de uma argamassa úmida, à base de cimento, que pode ser utilizada durante 72 horas. O presente trabalho tem como tema a avaliação deste revestimento, aplicado em paredes externas e em substrato de blocos cerâmicos e de concreto, levando em consideração as características dos materiais utilizados em obras da cidade de Lajeado – RS. Por se tratar de um material prático, que não exige mão-de-obra para execução em obra e possibilita fácil aplicação, a argamassa estabilizada esta cada vez mais presente nas obras da cidade, porém as normas técnicas brasileiras não acompanham essa evolução do material e consideram apenas as argamassas tradicionais, dificultando informações técnicas sobre o revestimento. Considerando estes aspectos foram realizados ensaios de caracterização do material argamassado estabilizado durante diferentes períodos de utilização, a fim de verificar se este atende, durante todo o período de uso, aos parâmetros mínimos exigidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas para argamassas tradicionais. Para os ensaios foram executados prismas de blocos cerâmicos e de concreto, os quais receberam uma camada de chapisco e posteriormente a camada de argamassa estabilizada – camada única. Os ensaios foram executados em quatro diferentes períodos (0, 24, 48 e 72 horas), e após obtenção dos resultados avaliou-se o comportamento da argamassa em função do tempo de aplicação e do substrato, e comparou-se com diferentes amostras de argamassas, convencionais e industrializadas, encontradas em literaturas. A argamassa estabilizada mostrou-se com bom desempenho em praticamente todos os ensaios, mostrando certo crescimento dos resultados em função do tempo. A absorção de água da argamassa apresentou valores abaixo do encontrado normalmente em outras argamassas, o que para revestimentos externos é interessante. O ensaio de aderência, que possui mais relevância no trabalho, obteve valores acima do mínimo exigido pela norma em 87,5% dos casos quando analisados os valores diários, se a análise for referente à média dos quatro períodos obtém-se 100% de satisfação.

Palavras-chave: Argamassa. Argamassa estabilizada. Revestimento externo. Concreto. Blocos cerâmicos.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Camadas dos revestimentos de argamassa.	23
Figura 2 - Solicitações impostas ao sistema de revestimento.	27
Figura 3 - Blocos cerâmicos de vedação com furos na horizontal e na vertical.	32
Figura 4 - Argamassa estabilizada no dia de entrega	35
Figura 5 - Base de concreto com aplicação de chapisco.	37
Figura 6 - Bases de concreto.	38
Figura 7 - Prismas de blocos cerâmicos.	38
Figura 8 – Tronco cônico.	39
Figura 9 - Argamassa após sofrer os 30 golpes.	40
Figura 10 - Recipiente para ensaio de densidade com preenchimento de argamassa.	42
Figura 11 - Recipiente de ensaio na balança.	43
Figura 12 - Ensaio de resistência à tração na flexão e à compressão.	46
Figura 13 - Corpos de prova com absorção de água.	51
Figura 14 - Caixa de queda.	54
Figura 15 - Corte do revestimento.	55
Figura 16 - Equipamento de carga acoplado à pastilha.....	55
Figura 17 - Modelos de rupturas encontrados.....	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação das argamassas	25
Quadro 2 – Classificação da argamassa segundo as suas funções na construção	26

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Determinação do índice de consistência.....	41
Gráfico 2 - Determinação da densidade de massa no estado fresco.	44
Gráfico 3 - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.	47
Gráfico 4 - Determinação da densidade de massa no estado endurecido.	49
Gráfico 5 - Determinação da absorção de água aos 10 min e aos 90 min.	51
Gráfico 6 - Determinação do coeficiente de capilaridade.	52
Gráfico 7 - Determinação da aderência à tração.	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação dos Ensaios.....	35
Tabela 2 - Comparação do índice de consistência.	41
Tabela 3- Comparação da densidade de massa do estado fresco.	44
Tabela 4 - Tabela de classificação quanto à ABNT NBR 13278.	45
Tabela 5 - Comparação da resistência à tração na flexão e à compressão.	47
Tabela 6 - Classificação quanto à resistência à ABNT NBR 13279.	48
Tabela 7 - Classificação quanto à ABNT NBR 13279.	48
Tabela 8 - Comparação da densidade de massa no estado endurecido.	49
Tabela 9 - Classificação quanto à ABNT NBR 13280.	50
Tabela 10 - Comparação da absorção de água e do coeficiente de capilaridade.	53
Tabela 11 - Classificação quanto à ABNT NBR 15259.	53
Tabela 12 - Valores de resistência potencial de aderência à tração - ABN NBR 13749:2013.	57
Tabela 13 - Comparação da aderência à tração.	58
Tabela 14 – Classificação quanto à ABNT NBR 15258.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

NBR - NORMA BRASILEIRA

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivos.....	12
1.2 Justificativa e importância da pesquisa	12
1.3 Limitações da pesquisa.....	12
1.4 Estrutura do trabalho	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Sistema de revestimento de argamassa.....	14
2.1.1 Composição	15
2.1.1.1 Aglomerantes	15
2.1.1.2 Agregado	15
2.1.1.3 Água	16
2.1.1.4 Aditivos.....	16
2.1.2 Características.....	17
2.1.3 Propriedades	18
2.1.3.1 Estado Fresco.....	18
2.1.3.2 Estado Endurecido	20
2.1.4 Camadas	22
2.1.4.1 Base (Substrato).....	23
2.1.4.2 Chapisco	23
2.1.4.3 Emboço.....	24
2.1.4.4 Reboco.....	24
2.1.4.5 Massa única	25
2.1.5 Classificação.....	25
2.1.6 Funções.....	26
2.1.7 Desempenho	27
2.1.8 Deformações:.....	28
3. MATERIAIS	29
3.1 Argamassa Estabilizada	29
3.2 Argamassa de chapisco industrializada	30
3.3 Bloco cerâmico de vedação	31
3.4 Estrutura de concreto	32

4. METODOLOGIA.....	34
4.1 Especificações dos materiais utilizados.....	35
4.1.1 Revestimento	35
4.1.2 Argamassa de chapisco.....	36
4.1.3 Concreto	37
4.1.4 Bloco cerâmico	38
4.2. Descrição dos ensaios e Análise dos resultados	39
4.2.1 Determinação do Índice de Consistência no Estado Fresco – ABN NBR 13276:2005	39
4.2.2 Determinação da Densidade de Massa no Estado Fresco – ABNT NBR 13278:2005.....	42
4.2.3 Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão – ABNT NBR 13279:2005.....	45
4.2.4 Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido – ABNT NBR 13280:2005.....	48
4.2.5 Determinação da absorção da água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade – ABNT NBR 15259:2005.....	50
4.2.6 Determinação da resistência potencial de aderência à tração – ABNT NBR 15258:2005.....	53
4.2.7 Análise Final.....	59
5. CONCLUSÃO.....	60
REFERÊNCIAS	62
ANEXOS	66

1 INTRODUÇÃO

A argamassa no Brasil, assim como outros materiais da construção civil, está em fase de desenvolvimento tecnológico, onde o objetivo é melhorar a qualidade do material, diminuindo os serviços de mão de obra e o tempo de execução. Esse avanço tecnológico trouxe para a construção civil a argamassa estabilizada, que apesar de ainda pouco usada, está ganhando espaço dentro das construções, tornando sua utilização cada vez mais frequente.

Trata-se de uma argamassa úmida, à base de cimento, que pode ser utilizada durante 72 horas. Para obter esse tempo total de utilização, são adicionados em sua composição aditivos retardadores e/ou aditivos incorporadores de ar, que permitem a preservação de suas características por um período de tempo maior. Além dos aditivos, é necessária a estabilização da argamassa ao final de cada dia de trabalho, impedindo que a mesma tenha perda de água para o ambiente. A argamassa estabilizada é transportada até o local de fornecimento por caminhões betoneira, e chegando à obra é distribuída em caixas plásticas ou metálicas que, normalmente, possuem capacidade para 1m³ de argamassa.

Entretanto, não há uma definição clara em relação ao aspecto normativo para o uso da argamassa estabilizada. Não existem hoje no Brasil, normas técnicas relacionadas ao revestimento de argamassa estabilizada, somente exigências aos revestimentos de forma geral, deixando dúvidas na real capacidade de uma argamassa poder ser utilizada durante 72 horas, sem que suas características se percam.

Deste modo, faz-se necessário o desenvolvimento de pesquisas e estudos referentes ao comportamento das argamassas estabilizadas, coletando dados de suas características e propriedades durante todo o seu período de utilização, e com aplicações em substratos diferenciados.

1.1 Objetivos

O objetivo do trabalho é avaliar as propriedades do revestimento de argamassa estabilizada durante todo o seu tempo de uso e analisar seu comportamento em diferentes substratos, principalmente no que diz respeito a aderência. Outro objetivo é comparar os resultados encontrados no revestimento de argamassa estabilizada à outros dados encontrados na literatura sobre revestimentos de argamassa convencional e industrializada.

1.2 Justificativa e importância da pesquisa

A escolha do tema do trabalho se deu pela procura do revestimento de argamassa estabilizada na cidade de Lajeado e na região, optando pelo revestimento externo que é o que mais sofre com as ações do tempo, e pela falta de normatização referentes à argamassa estabilizada.

Torna-se interessante e importante acrescentar dados relacionados à argamassa estabilizada, por não existirem no Brasil normas que definem ou informem sobre sua fabricação e utilização, também não existem normas sobre a sua estabilização, a qual é importante para manter as propriedades da argamassa durante pelo período de uso.

Outro fator importante é a necessidade de testá-la quanto à utilização em substratos diferentes, verificando sua eficiência em mais de um substrato, principalmente porque encontra-se na maioria das obras diferentes tipos de substratos em um mesmo plano, e que receberão o mesmo revestimento.

1.3 Limitações da pesquisa

As bibliografias relacionadas a argamassa estabilizada são referenciadas de dissertações, teses, artigos; sendo falhas quando relacionadas a livros e normas técnicas. O fato de se tratar de um revestimento praticamente novo faz com que as normas relacionadas a ele ainda não estejam disponíveis, dificultando informações sobre dados técnicos para se obter um bom revestimento deste tipo.

Além da falta de normatização, outro fator limitante é a quantidade de variações de substratos e de preparo da base. Como se optou por realizar diferentes tipos de ensaios houve a necessidade de limitar o número de substratos a apenas dois tipos, e de ensaiar somente a argamassa estabilizada, fazendo as comparações com dados de argamassas convencionais e industrializadas encontrados em literaturas.

1.4 Estrutura do trabalho

No primeiro capítulo do trabalho encontra-se a introdução, a qual trata-se de uma breve apresentação de todos os outros capítulos que serão descritos mais detalhadamente no decorrer do trabalho. Também se encontram os objetivos, as justificativas e as limitações do trabalho proposto.

A revisão bibliográfica dos conceitos abordados encontra-se no segundo capítulo, informando sobre o sistema de revestimento de argamassa, sua composição, suas características, funções, propriedades, camadas, desempenho e deformações.

O terceiro capítulo é composto por uma explicação generalizada dos materiais que foram escolhidos para serem estudados e utilizados nos ensaios.

A parte experimental do trabalho, onde estão descritos os tipos de ensaios que foram realizados e as características específicas dos materiais que foram utilizados, se encontra no quarto capítulo. Neste capítulo também está presente a análise dos resultados encontrados.

O quinto capítulo apresenta a conclusão dos resultados encontrados, com apontamentos sobre os resultados, o que pode ser melhorado, e sugestões para posteriores trabalhos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistema de revestimento de argamassa

Na construção civil temos como um dos materiais mais utilizados a argamassa. Carasek (2007) menciona que as argamassas são muito empregadas por serem utilizadas no assentamento de alvenarias e nas etapas de revestimentos internos e externos.

Segundo Carasek (2007), os primeiros registros da utilização da argamassa são da pré-história, há cerca de 11.000 anos, sendo as argamassas mais antigas à base de cal e areia. Com as mudanças nas técnicas de construção, novos materiais foram desenvolvidos, nos EUA, no século XIX, surgiam as argamassas industrializadas ensacadas, que segundo Matos (2013), surgiram especificamente na década de 50, e vieram com o objetivo de proporcionar rapidez e padronização no processo.

No entanto, a argamassa estabilizada que chegou à Alemanha na década de 70 é recente no Brasil, e ainda segundo Shmid (2011; *apud* MATOS, 2013), em 2007 enquanto a Europa produzia 18 mil m³/ano, o Brasil produzia 0,4 m³/ano.

Existem diferentes maneiras de definir argamassa, variando conforme autores e normas, mas seguindo a norma ABNT NBR 13529:2013 , a argamassa se define como ““Conjunto formado por revestimento de argamassa e acabamento decorativo, compatível com a natureza da base, condições de exposição, acabamento final e desempenho previstos em projeto””.

Pode-se ainda complementar com a ideia de Fiorito (2009), que fala que as argamassas são uma mistura de aglomerantes e agregados com água, possuindo capacidade de endurecimento e aderência.

2.1.1 Composição

A composição das argamassas, segundo Moura (2007), e conforme apresentado pelas normas ABNT NBR 13529:2013 e ABNT NBR 7200:1998, a argamassa é feita por cinco elementos: aglomerante, agregado miúdo, adições, água e aditivos.

2.1.1.1 Aglomerantes

Os aglomerantes podem ser utilizados isolados ou adicionados a materiais inertes. Segundo Dubaj 2000, os aglomerantes são materiais ligantes que servem para solidificar os grãos agregados nas argamassas.

No Brasil os mais empregados são o cimento Portland e a cal aérea. Dubaj menciona o cimento como um aglomerante hidráulico que endurece pela reação com a água, e a cal como um aglomerante aéreo que endurece por secagem e reação com o anidrido carbônico presente no ar.

O cimento é responsável por algumas propriedades, que segundo Moura (2007), tem como função não permitir que os agregados se segreguem, auxiliando na aglutinação dos materiais e a plasticidade da argamassa. Ambos são importantes, sendo que segundo Carasek (1996; *apud* DUBAJ, 2000), o cimento é o maior responsável pela aderência e a cal responsável por absorver as deformações e evitar a entrada de água.

2.1.1.2 Agregado

O agregado, segundo Verçosa (1991; *apud* DUBAJ, 2000), é uma substância constituída por grãos minerais estáveis e inertes em relação à água e aos aglomerantes. O mais utilizado em argamassas é a areia do rio, agregado miúdo com dimensão máxima de 4,8mm.

Tusset 2010 diz que os agregados miúdos das argamassas desempenham função econômica, por serem materiais baratos, e que, segundo Dubaj (2000), têm como funções a redução do consumo de aglomerantes, pois permite o preenchimento completo de vazios; a resistência a esforços de compressão, e a diminuição da retenção da argamassa.

Além de auxiliar nos custos do revestimento, a areia tem função de colaborar com o desenvolvimento de algumas propriedades, tanto no estado fresco como no estado endurecido. Carasek (1996, *apud* MOURA 2007) afirma que há uma certa dualidade em suas funções, pois beneficia a aderência do revestimento pelo fato de se tratar de um material não deformável, mas também, quando em teores muito altos, age na diminuição da aderência.

Para que os agregados cumpram adequadamente suas funções, é necessário que possuam uma granulometria contínua (DUBAJ, 2000).

2.1.1.3 Água

A água apresenta algumas funções, que segundo Tusset (2010) são: dar trabalhabilidade à mistura e hidratar o aglomerante promovendo as reações químicas necessárias para a coesão e endurecimento. Em acordo com Tusset (2010), Moura (2007) também enfatiza que a reação de hidratação do cimento se dá em função da água utilizada.

O autor, Tusset (2010), ainda comenta que a quantidade de água utilizada na argamassa deve ser maior do que a necessária, pois grande parte desta água é perdida em forma de evaporação e por sucção do substrato, podendo assim garantir a ocorrência das reações químicas e a trabalhabilidade.

2.1.1.4 Aditivos

Para Mibielli (1994; *apud* DUBAJ, 2000), os aditivos têm a finalidade de modificar algumas das propriedades das argamassas, tanto no estado fresco como no endurecido. Eles são substâncias químicas que modificam propriedades físicas, mas também estão sujeitos a reações com vários componentes das argamassas e a alterações de desempenho que podem ser provocadas em função da temperatura, por exemplo.

Moura (2007) afirma que os aditivos possuem finalidades específicas, dependendo do tipo, com a principal função de modificar as propriedades da argamassa. Dentre os mais utilizados se destacam os seguintes:

- Aditivo Impermealizante: proporciona a redução da permeabilidade à água (DAFICO *et al.*, 2004, *apud* MOURA, 2007).

- Aditivo Plastificante: proporciona aumento da pasticidade no estado fresco sem necessidade de adicionar água (QUARCIONI *et all* 1999, *apud* MOURA, 2007).
- Aditivo Hidrofugante: redução da absorção por sucção capilar (QUARCIONI *et all* 1999, *apud* MOURA, 2007).
- Aditivos Incorporadores de ar: melhora da plasticidade no estado fresco (CARASEK 1996, *apud* MOURA, 2007), e reduz a quantidade de água e a retração no estado endurecido (ALVES 2002, *apud* MOURA, 2007).
- Aditivo Retentor de água: redução da evaporação e exsudação da água, além de evitar absorção do excesso de água no substrato (QUARCIONI *et all* 1999, *apud* MOURA, 2007).

Carasek (1996, *apud* MOURA, 2007) afirma que dentre os tipos de aditivos citados, o mais utilizado é o incorporador de ar, por acrescentar às argamassas bolhas de ar que reduzem a quantidade de água acrescentada à mistura, e segundo Paulo (2006, *apud* MOURA, 2007), as bolhas também reduzem a retração por secagem.

Entretanto, Carasek & Campagnollo (1990; *apud* DUBAJ, 2000), afirmam que os aditivos prejudicam a aderência da argamassa quando endurecidas, e além disso, no estado fresco da argamassa, os aditivos não proporcionam boa trabalhabilidade.

2.1.2 Características

Segundo Longhi (2012), com o passar do tempo as características do revestimento de argamassa vão se alterando, causando variações no seu comportamento.

Rocha (2011; *apud* THOMAS, 2012) menciona que tanto no estado fresco quanto no endurecido, a argamassa deve ser capaz de atender as condições a que está sujeita durante toda sua vida útil, sem perder suas características e suas propriedades.

Em relação às características desejáveis, Rocha (2011; *apud* THOMAS, 2012), indica várias delas, as quais são: trabalhabilidade adequada, consistência adequada, adequada retenção de água, resistência de aderência à base, resistência superficial, resistência mecânica à compressão, à tração na flexão e à tração superficial, capacidade de absorver deformações,

impermeabilidade à ação da água da chuva e da limpeza, estabilidade dimensional, características estéticas compatíveis com as exigências do projeto, desempenho adequado às condições de utilização.

Além das características citadas por Thomas (2012), podemos verificar na ABNT NBR 13749:2013 a definição de algumas características básicas, que são exigidas e estão relacionadas quanto às condições da argamassa: o aspecto, a espessura e a aderência, as quais definem que para revestimentos argamassados externos a espessura deve ser de 20 a 30 mm, a aderência deve atender o mínimo necessário, e deve apresentar textura uniforme, sem imperfeições.

2.1.3 Propriedades

Procurando atender as funções das argamassas, Carasek (2007) menciona algumas propriedades essenciais para as mesmas, sendo elas: trabalhabilidade, retração, aderência, permeabilidade à água, resistência mecânica e a capacidade de absorver deformações.

Ainda, segundo Baía e Sabbatini (2008), as propriedades das argamassas podem ser divididas entre o estado fresco e estado endurecido, detalhando-as ainda mais.

2.1.3.1 Estado Fresco

- **Massa específica e teor de ar incorporado**

Segundo Baía e Sabbatini (2008), a massa específica diz respeito à relação entre a massa do material e o seu volume e pode ser absoluta ou relativa; na absoluta não são considerados os vazios existentes no volume do material, enquanto na relativa eles são considerados.

O teor de ar incorporado é a quantidade de ar existente em certo volume de argamassa, que segundo Moura (2007) pode se classificar como bolhas de ar incorporadas à mistura, sem ser as decorrentes da mistura ou da evaporação da água. Alves (2002; *apud* GASPERIN, 2001), cita que o teor de ar incorporado tem importância significativa no estado fresco e no estado endurecido da argamassa.

As duas propriedades citadas interferem em outras propriedades da argamassa no estado fresco, portanto devem ser cuidados, pois uma argamassa de boa trabalhabilidade apresenta menor massa específica e maior teor de ar (BAÍA E SABBATINI, 2008).

- **Trabalhabilidade e consistência**

Carasek (2007) define trabalhabilidade como a propriedade que garantirá as condições de execução, e também o adequado desempenho do revestimento em serviço. Também explica que dependendo da forma de aplicação, se por meio de colher ou se projetada mecanicamente, a consistência e a plasticidade deverão ser diferentes.

Para Baia e Sabbatini (2008) a trabalhabilidade é uma propriedade de avaliação qualitativa, que é considerada trabalhável quando atender os seguintes itens:

- ✓ Deixar penetrar facilmente a colher de pedreiro, sem ser fluída;
- ✓ Manter-se coesa ao ser transportada, mas não aderir à colher ao ser lançada;
- ✓ Distribuir-se facilmente e preencher todas as reentrâncias da base;
- ✓ Não endurecer rapidamente quando aplicada.

A consistência é relacionada à trabalhabilidade, e seu índice é definido através da ABNT NBR 13276:2005. Carasek (2007) classifica a consistência em três tipos: argamassa seca, argamassa plástica e argamassa fluída. Ela cita que a melhor opção varia de acordo com a função da argamassa.

Para uma boa consistência, segundo Baía e Sabbatini (2008), devem-se cuidar alguns aspectos, como por exemplo, as características dos materiais da argamassa e o seu proporcionamento.

- **Retenção de água**

A retenção de água representa a capacidade da argamassa de reter a água de amassamento contra a sucção da base ou contra a evaporação (BAÍA E SABBATINI, 2008).

Os autores informam que a retenção de água permite que as reações de endurecimento se tornem mais gradativas, promovendo hidratação adequada do cimento e ganho da resistência. Se ocorrer perda de água rapidamente, a aderência, a capacidade de absorver

deformações e a resistência mecânica serão comprometidas, e consequentemente a durabilidade e a estanqueidade também.

- **Aderência inicial**

Baía e Sabbatini (2008) mencionam que a aderência inicial está relacionada ao fenômeno mecânico que ocorre em superfícies porosas pela ancoragem da argamassa na base, através da entrada da pasta nos poros, reentrâncias e saliências, seguida do endurecimento progressivo da pasta.

Ela depende das características da base, como a porosidade, a rugosidade e condições de limpeza; e para uma adequada aderência inicial, Baía e Sabbatini (2008) também informam que a argamassa deve apresentar boa trabalhabilidade e retenção de água adequada.

- **Retração na secagem**

Carasek (2007) informa que a retração se resulta de um mecanismo complexo, sendo essencial para o desempenho das argamassas, principalmente à estanqueidade e a durabilidade.

A retração na secagem é a propriedade que ocorre devido a evaporação da água de amassamento da argamassa, além disso, também ocorre devido as reações de hidratação e carbonatação dos aglomerantes. Baía e Sabbatini (2008) dizem que essa propriedade, quando não atendida, pode causar fissuras prejudiciais ou não, dependendo do grau, que podem acabar permitindo a percolação da água pelo revestimento, comprometendo a estanqueidade à água. Alguns fatores que influenciam essa propriedade são: as características dos materiais, a espessura e o intervalo de aplicação das camadas, o respeito ao tempo de sarrafeamento e desempenho.

2.1.3.2 Estado Endurecido

- **Aderência**

Para Baía e Sabbatini (2008) a aderência é a propriedade do revestimento de manter-se fixo ao substrato, através da resistência e do surgimento de tensões normais e tangenciais na interface do substrato.

Carasek (2007) considera essa propriedade como fundamental no estado endurecido, pois sem aderência o revestimento de argamassa não atenderá a nenhuma de suas funções. Ela ainda ressalta que essa é uma das poucas propriedades que possui critério de desempenho especificado em norma no Brasil.

As normas estabelecem que a medição deve ser realizada por meio de ensaio de arrancamento por tração, seguindo os procedimentos da ABNT NBR 15258:2005 quando realizado em laboratório, e da ABNT NBR 13528:2013 quando realizado em obra.

A aderência, segundo Baía e Sabbatini (2008), depende de algumas das propriedades do revestimento apresentadas no estado fresco, do modo de execução do revestimento, e muito importante, depende das características da base.

- **Capacidade de absorver deformações**

A capacidade de absorver deformações é a propriedade que tem função de suportar tensões sem se romper, onde as deformações que o revestimento tem responsabilidade de absorver são as deformações de pequena amplitude, que podem ocorrer em função da ação da umidade e variação da temperatura. Porém o revestimento não é capaz, e não tem responsabilidade, de suportar deformações de grande amplitude, provenientes de recalques estruturais (BAÍA E SABBATINI, 2008).

Segundo os autores, o alívio de tensões originadas pelas deformações da base pode causar fissuras no revestimento, mas são consideradas prejudiciais apenas quando permitem a percolação de água, comprometendo assim outras propriedades.

- **Resistência mecânica**

Para Baía e Sabbatini (2008) essa propriedade tem a função de suportar as ações mecânicas de diferentes naturezas, devidas a abrasão superficial, ao impacto compactação da argamassa, do consumo e natureza dos agregados e aglomerantes.

Ainda afirmam que com a redução da proporção de agregado na argamassa, a resistência mecânica aumenta e varia com a relação água/cimento.

- **Permeabilidade**

Para Carasek (2007) a permeabilidade da água está relacionada à função de estanqueidade, o que é muito importante quando se trata de fachadas, principalmente porque a umidade infiltrada pode causar problemas que comprometem a saúde e higiene dos funcionários, e que também comprometem a estética do edifício, causando patologias do tipo descolamentos, eflorescências, manchas de mofo, entre outras.

Baia e Sabbatini (2008) concordam com Carasek, citando que a permeabilidade está relacionada com a passagem de água pela camada de argamassa, que por ser um material poroso, permite a percolação de água no estado líquido ou de vapor. Em função disso, é importante que o revestimento final seja estanque a água, impedindo sua percolação.

Essa é mais uma das propriedades que depende da natureza da base, da técnica executiva, da espessura da camada, e do acabamento final.

- **Durabilidade**

É a propriedade que se identifica ao longo do período de uso do revestimento. A durabilidade resulta das outras propriedades do revestimento de argamassa e reflete o desempenho do revestimento ao longo do tempo (BAÍA E SABBATINI, 2008).

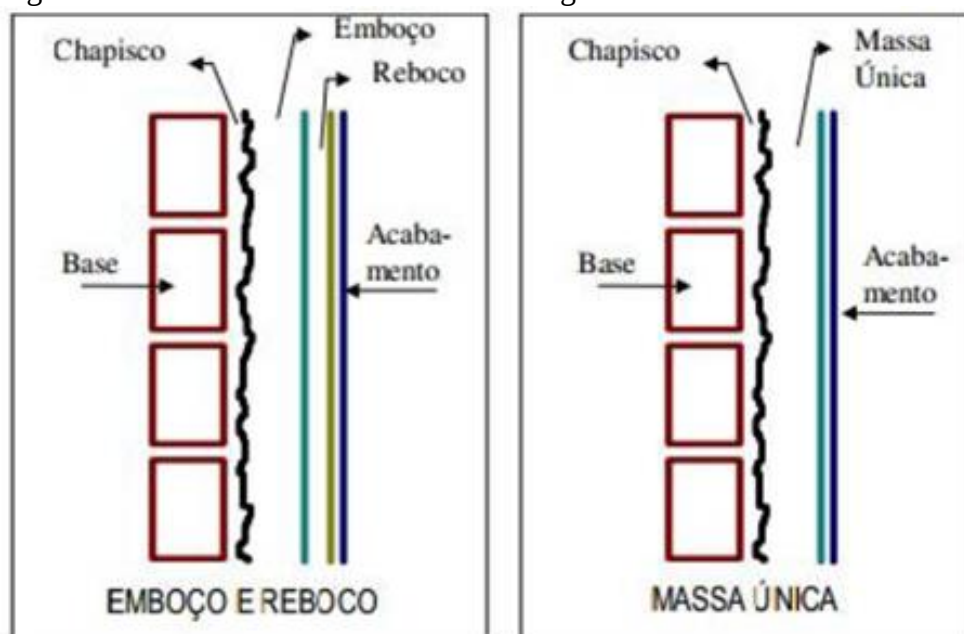
A durabilidade pode ser prejudicada em função de diversos fatores, e entre eles podemos citar a fissuração, a espessura excessiva, a qualidade e a falta de manutenção.

2.1.4 Camadas

As camadas de um revestimento de argamassa podem variar, segundo Grochot (2012), podem ser somente uma camada denominada massa única, como podem ser duas camadas compostas por emboço e reboco. A diferença entre elas é que a massa única deve cumprir a função do emboço e do reboco, enquanto quando temos as duas camadas, cada uma deve cumprir a sua função.

Um revestimento por completo necessita de outras camadas, que se identificam, conforme ilustração da Figura1, das seguintes maneiras: base, chapisco, emboço, reboco e acabamento ou base, chapisco, massa única e acabamento.

Figura 1 - Camadas dos revestimentos de argamassa.



Fonte: Maciel *et al.*, 1998, p. 12 (*apud* GROCHOT 2012, p. 24)

2.1.4.1 Base (Substrato)

A base, também conhecida como substrato, é denominada pela norma ABNT NBR 13529:2013 como ““Parede ou teto constituídos por material inorgânico, não metálico, sobre os quais o revestimento é aplicado””.

Ela vai depender do tipo de obra, do tipo de material utilizado e do tipo de execução. Entre os mais usuais se destacam a base de concreto, referente as estruturas e as bases de bloco cerâmico, referentes as vedações.

2.1.4.2 Chapisco

O chapisco é um complemento bastante importante para o revestimento, pois é responsável por deixar a base com irregularidades para melhor aderência e melhores resultados. Pela norma ABNT NBR 13529:2013 é definido como ““Camada de preparo da base, aplicada de forma contínua e descontínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento””.

A definição para Fiorito (2009) é relacionada aos materiais pelos quais é composto um chapisco, que são argamassa de cimento e areia grossa. O acabamento deve ser extremamente irregular, justamente para criar ancoragens mecânicas que vão ajudar bastante na aderência.

Essas definições são defendidas por Carasek (2007), onde ele considera o chapisco como uma preparação para a base, que deve ser aplicada de forma contínua ou descontínua. Ainda menciona que o chapisco tem a função de proporcionar e garantir a existência de aderência entre a base e o revestimento argamassado, além de contribuir com a estanqueidade da vedação, sendo sua principal propriedade a aderência.

Para Dubaj (2000), o requisito principal é a aderência, que pode ser obtida através do alto teor de cimento no traço e pela técnica de execução, conferindo resistência e favorecendo a penetração das partículas finas nos poros da base, o que aumenta a ancoragem. Ele também menciona que a areia para chapisco deve ser média ou grossa, pois ela é a principal responsável pela aspereza.

2.1.4.3 Emboço

Emboço é definido por Carasek (2007) como camada de revestimento responsável por regularizar a base, permitindo assim a aplicação de outra camada, reboco ou revestimento decorativo, como é o caso das cerâmicas.

Para Yoshida & Barros (1995; *apud* DUBAJ, 2000), o emboço tem a função de vedar a alvenaria, regularizar a superfície, proteger o ambiente internamente, tendo como propriedades a trabalhabilidade, retenção d'água, estanqueidade, aderência e estabilidade volumétrica.

O autor ainda reforça que, dependendo da resistência da base, poderemos ter um emboço com resistência maior ou menor. Como por exemplo quando temos uma base de concreto, a resistência do emboço deve ser menor que a da base, e quando temos uma base de alvenaria o emboço deve ser mais resistente que a base.

2.1.4.4 Reboco

Carasek (2007) define reboco como uma camada de revestimento, que quando possui emboço e reboco, é utilizado para cobrimento do emboço, proporcionando à superfície um acabamento ideal para receber o revestimento decorativo.

A função do reboco, segundo Yoshida & Barros (1995; *apud* DUBAJ, 2000), é de vedar o emboço e dar acabamento, sendo suas propriedades principais a aderência, a trabalhabilidade, e a estabilidade volumétrica.

2.1.4.5 Massa única

A massa única é composta por um único tipo de argamassa aplicado à base. Carasek (2007) afirma que a camada decorativa é aplicada diretamente na massa única, por isso deve-se adotar os tratamentos necessários dependendo do tipo de acabamento que irá receber. Carasek ainda afirma que essa é alternativa mais empregada no Brasil.

2.1.5 Classificação

Carasek (2007) classifica as argamassas com relação a vários critérios, podendo ser identificados no Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação das argamassas

Critério de classificação	Tipo
Quanto à natureza do aglomerante	• Argamassa aérea • Argamassa hidráulica
Quanto ao tipo de aglomerante	• Argamassa de cal • Argamassa de cimento • Argamassa de cimento e cal • Argamassa de gesso • Argamassa de cal e gesso
Quanto ao número de aglomerantes	• Argamassa simples • Argamassa mista
Quanto à consistência da argamassa	• Argamassa seca • Argamassa plástica • Argamassa fluida
Quanto à plasticidade da argamassa	• Argamassa pobre ou magra • Argamassa média ou cheia • Argamassa rica ou gorda
Quanto à densidade de massa da argamassa	• Argamassa leve • Argamassa normal • Argamassa pesada
Quanto à forma de preparo ou fornecimento	• Argamassa preparada em obra • Mistura semipronta para argamassa • Argamassa industrializada • Argamassa dosada em central

Fonte: Carasek, p. 865 (2007)

Carasek ainda cita a possibilidade de classificar as argamassas conforme sua função na construção, como pode ser visto no Quadro 2.

Quadro 2 – Classificação da argamassa segundo as suas funções na construção

Função	Tipos
Para construção de alvenarias	✓ Argamassa de assentamento ✓ Argamassa de fixação (ou encunhamento) – alvenaria de vedação
Para revestimento de paredes e tetos	✓ Argamassa de chapisco ✓ Argamassa de emboço ✓ Argamassa de reboco ✓ Argamassa de camada única ✓ Argamassa para revestimento decorativo monocamada
Para revestimentos de piso	✓ Argamassa de contrapiso ✓ Argamassa de alta resistência para piso
Para revestimentos cerâmicos (paredes/pisos)	✓ Argamassa de assentamento de peças cerâmicas – colante ✓ Argamassa de rejuntamento
Para recuperação de estruturas	✓ Argamassa de reparo

Fonte: Carasek, p. 865 (2007)

2.1.6 Funções

Carasek (2007) e Baía e Sabbatini (2008) compartilham as mesmas ideias sobre as principais funções da argamassa, informando que ela deve proteger a base, sendo ela alvenaria ou estrutura de concreto, das ações provenientes de intemperismo e variações climáticas; deve ser capaz de contribuir para o isolamento térmico e acústico; ser estanque à água; ter certa resistência ao fogo e ao desgaste e abalos superficiais; ser capaz de regularizar a superfície dos elementos de vedação; e contribuir para a estética da edificação.

Moura (2007, p. 22) complementa as ideias de Carasek e Baía e Sabbatini, citando:

O cobrimento em argamassa deve exercer as funções de proteção e acabamento estético aos elementos de estrutura e vedação das edificações. Como proteção, o revestimento deve garantir a estanqueidade à água e gases poluentes e isolamento térmico e acústico compatíveis com os requisitos de conforto. Como acabamento estético, o revestimento deve proporcionar a regularização das superfícies e deve dar, quando for o caso, um acabamento final satisfatório aos requisitos de estética.

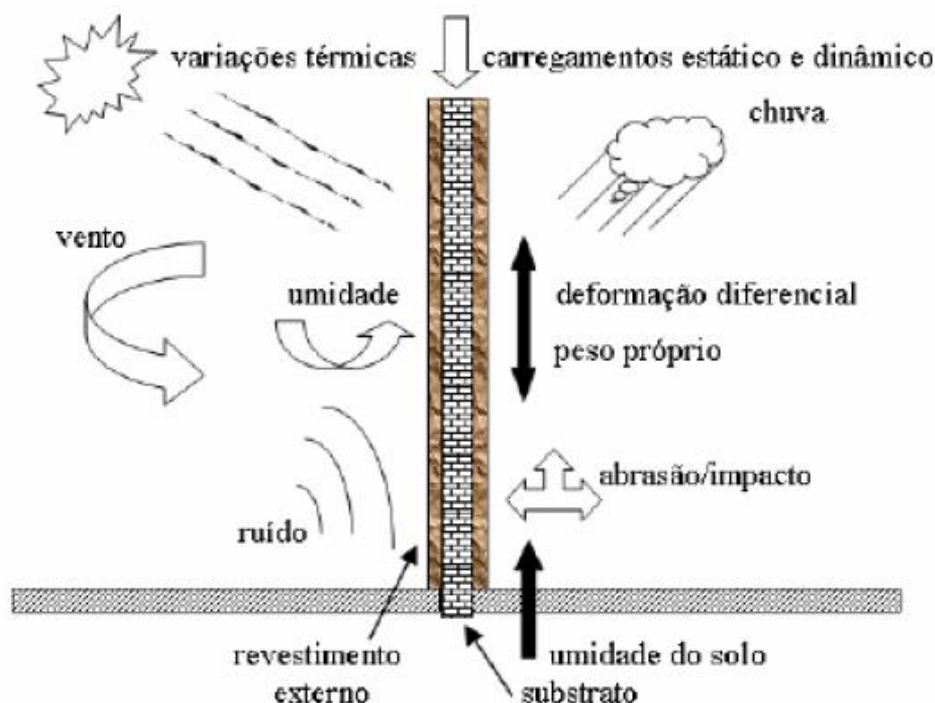
Dissimular imperfeições grosseiras da base não é função da argamassa. Baía e Sabbatini (2008) deixam bem claro que o revestimento de argamassa tem como função “esconder” muitas vezes o desaprumo e desalinhamento da estrutura, pois assim estaria comprometendo um cumprimento adequado das funções da argamassa.

2.1.7 Desempenho

O desempenho dos revestimentos em argamassas, segundo Vieira et al. (2005; *apud* MOURA, 2007), varia dependendo do substrato em que é aplicado e das condições em que é exposto. Também menciona que o tipo de argamassa e suas características também influenciam no desempenho.

Leal (2003; *apud* GASPERIN, 2011), cita que o desempenho de um sistema de argamassa está relacionado aos fatores ligados às condições de produção, exposição e ação dos usuários. Também faz uma distinção entre os fatores, podendo dividi-los em duas categorias: fatores extrínsecos e fatores intrínsecos, onde respectivamente, dizem respeito à solicitação sobre o sistema, às propriedades e às características dos materiais componentes do sistema de revestimento, como podemos ver na Figura 2.

Figura 2 - Solicitações impostas ao sistema de revestimento.



Fonte: Leal (2003), *apud* Gasperin, p. 26 (2011)

Concordando com a ideia de Moura, Gasperin (2011) relata que o desempenho dos sistemas de revestimento em argamassa, no que diz respeito aos fatores intrínsecos, é

influenciado pelo tipo de substrato, pela camada de preparo, e pelas características das argamassas.

2.1.8 Deformações:

Os revestimentos de modo geral, segundo Fiorito (2009), possuem diversas camadas de materiais diferentes ligados entre si. Como estão intimamente ligadas, quando uma das camadas sofrer alguma deformação, surgirão tensões em todas as camadas que estão ligadas. Essas tensões dependem muito das características de cada camada, como por exemplo, a espessura e o módulo de elasticidade.

Fiorito (2009) cita algumas deformações do revestimento de argamassa, que são:

A retração da argamassa que liga os elementos das alvenarias; a deformação lenta do concreto da estrutura atuando; o recalque das fundações; as deformações originadas pela variação da umidade relativa do ar atuando sobre as argamassas endurecidas; as deformações originadas por variações térmicas.

O efeito da variação de temperatura é responsável por boa parte das deformações. Segundo Fiorito (2009), os revestimentos e suas camadas suportes, seja alvenaria ou concreto, possuem coeficientes de dilatação diferentes, por isso sofrem deformações térmicas diferentes.

3 MATERIAIS

3.1 Argamassa Estabilizada

Conforme já citado no Item 2.1, a argamassa estabilizada surgiu na década de 70, na Alemanha, definido por Matos (2013) como um sistema de revestimento argamassado capaz de ser armazenada durante três dias, sem perder suas características.

O autor menciona que essas argamassas são dosadas em centrais e fornecidas em caminhões betoneira, em um processo bem parecido com o fornecimento de concreto usinado. Como pode ser utilizada por três dias, elas são armazenadas nas obras em caixas de plástico ou metálicas, normalmente com capacidade de 1m³, colocadas em locais adequados para que possam ser estabilizadas ao final de cada dia.

Matos (2013) cita que existe uma semelhança grande entre as argamassas estabilizadas e as argamassas industrializadas ou preparadas em obra, sendo uma das poucas diferenças a ausência da cal, que normalmente é substituída por aditivos incorporadores de ar. Entretanto, a grande diferença se encontra na aplicação de aditivos estabilizadores de hidratação, que permitem o retardamento dos aditivos convencionais.

Uma maior definição sobre os aditivos incorporadores de ar e os aditivos estabilizadores, podemos ter na citação de Bauer et al. (2015, p. 3):

Os aditivos incorporadores de ar atuam sobre a plasticidade das argamassas, propriedade essa fundamental as etapas de execução do revestimento. Os aditivos estabilizadores inibem a reação do cimento enquanto a argamassa estiver saturada de água (no container devem ficar com um filme de água sobre a superfície). O aditivo estabilizador atua principalmente no controle da hidratação do cimento Portland, porém seu uso deve ser controlado, visto que, em altos teores pode acarretar em um atraso de pega imprevisível. Além do mais pode causar a pega instantânea devido a uma ativação excessiva dos aluminatos em cimentos com pouca quantidade de sulfatos solúveis.

Em relação às vantagens e desvantagens das argamassas estabilizadas, segundo informações de Matos (2013), podemos citar:

- ✓ Aumento do rendimento, pois o material chega pronto na obra.
- ✓ Redução de perdas, levando em conta que pode ser utilizada durante três dias.
- ✓ Limpeza da obra, reduzindo os números de resíduos causados na execução de argamassas em obra.
- ✓ A responsabilidade da dosagem da argamassa passa a ser do fornecedor.
- ✓ Existe uma melhora na logística dos materiais dentro do canteiro de obras.
- ✓ A mão de obra é reduzida em função de não necessitar de mão de obra para executar a argamassa.
- ✓ O custo da argamassa se torna mais preciso em função do proporcionamento ser mais rigoroso.
- ✓ Se torna necessário um planejamento mais preciso da real necessidade diária da argamassa, para que se evite a falta do material.
- ✓ Nos dias com bastante umidade normalmente ocorre a necessidade de um tempo maior para que a argamassa consiga adquirir a rigidez necessária.

Além das vantagens citadas por Matos (2013), Bauer *et al.* (2015), enfatiza que o revestimento de argamassa estabilizada diminui a insalubridade do manuseio de cimento e cal em pó na obra, e que também se faz desnecessário um controle de dosagem e estocagem dos insumos.

3.2 Argamassa de chapisco industrializada

A utilização do chapisco se fundamenta em vários casos. Ruduit (2009) afirma que alguns substratos prejudicam a aderência do revestimento por serem altamente porosos, como é o caso dos blocos cerâmicos ou de concreto celular, outros substratos prejudicam a aderência por possuírem superfícies muito lisas e com baixa porosidade, como é o caso das

estruturas de concreto. Sendo assim, a utilização do chapisco se torna viável, pois proporciona uma melhoria no substrato e consequentemente no revestimento.

Reforçando a importância de utilização do chapisco, Recena (2008; *apud* GASPERIN, 2011) afirma que a argamassa de revestimento possui comportamentos diferentes dependendo do substrato em que é aplicada, e por ser aplicada em bases com diferentes porosidades tem diferentes níveis de absorção de água.

Segundo Ruduit (2009), o chapisco pode ser considerado como convencionais ou modificados com polímeros, dependendo de sua composição; e que também podem ser classificados dependendo da forma de aplicação, sendo as mais comuns do tipo chapisco convencional chapado, chapisco rolado e chapisco adesivo ou colante.

O chapisco utilizado nos ensaios se define como chapisco rolado que, segundo Ceotto et al. (2005; *apud* RUDUIT, 2009), é um tipo de chapisco que pode ser utilizado em alvenarias e em estruturas de concreto, sendo aplicado com rolos de espuma que possuem cavidades e são adequados para execução.

O chapisco rolado possui uma grande vantagem no que diz respeito à produtividade, pois sua aplicação é mais rápida e ergonômica, podendo fazer aplicações em locais mais distantes, e também por normalmente se tratar de chapiscos comercializados ensacados, necessitando apenas da adição de água. (RUDUIT, 2009)

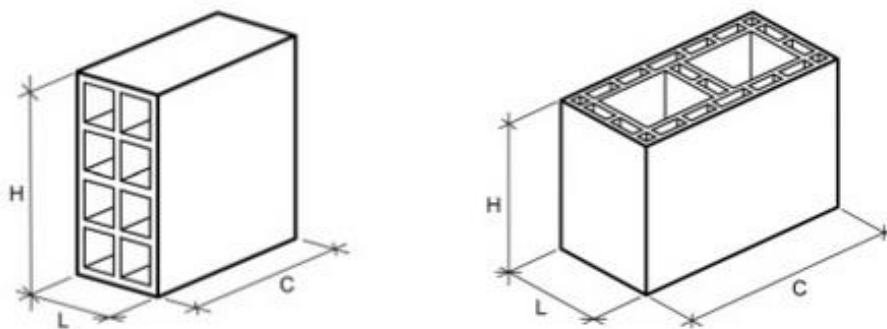
Sua aplicação muitas vezes deve ser realizada mais de uma vez, onde o autor afirma ser necessário, pois pode ocorrer da espessura da camada ficar muito fina, e não deixar uma superfície ideal para recebimento da base.

3.3 Bloco cerâmico de vedação

A ABNT NBR 15270-1:2005 define bloco cerâmico de vedação como ““Componente da alvenaria de vedação que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm.””

Segundo a norma, os blocos cerâmicos podem possuir furos na horizontal e furos na vertical, podendo ser utilizado de ambas as maneiras, conforme pode ser verificado na Figura 3.

Figura 3 - Blocos cerâmicos de vedação com furos na horizontal e na vertical.



Fonte: ABNT NBR 15270-1, p. 2 (2005)

A ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 15270-1:2005 indica requisitos de fabricação, os quais consistem em que a fabricação deve ser realizada pela conformação plástica de matéria-prima argilosa, podendo conter ou não aditivos, e devendo ser queimado a altas temperaturas. Também exige que o bloco cerâmico não possa apresentar defeitos, como por exemplo, partes quebradas ou superfícies irregulares.

3.4 Estrutura de concreto

O concreto, dentro da construção civil da atualidade, é o material estrutural mais importante. Helene e Andrade (2007) mencionam que o concreto tem um papel de destaque no Brasil, assim como em outros países, sendo o principal e mais consumido material da construção.

Segundo eles, a mistura do concreto forma uma pasta mais ou menos fluida, o que depende da quantidade de água adicionada. Sua mistura consiste na presença de cimento, água e agregados, podendo conter ainda aditivos, pigmentos, fibras, agregados especiais e adições minerais, materiais que estão cada vez mais frequentes nos concretos atuais.

A mistura do concreto envolve partículas de agregados com várias dimensões, para que se possa obter um material em um estado capaz de ser moldado em diferentes tipos de formas geométricas nas primeiras horas, e que, com o tempo, essa mistura endureça, a partir da relação água cimento e adquira resistência mecânica o suficiente para torná-lo um material com ótimo desempenho estrutural (HELENE; ANDRADE, 2007).

Helene e Andrade (2007) afirmam que o concreto possui duas fases distintas, a primeira é denominada concreto fresco, e a segunda é denominada concreto endurecido. A primeira fase é um período de tempo curto, geralmente de 1 hora a 5 horas, tempo necessário para realizar a mistura, transportar, realizar o lançamento e adensar. A segunda fase é de tempo indeterminado, se inicia na hidratação do cimento e endurecimento do concreto, estendendo-se durante toda a vida da estrutura.

Os autores ainda citam que dentre as características do concreto podemos verificar que no estado fresco ele deve apresentar boa trabalhabilidade e consistência, e no estado endurecido ele deve atender as suas propriedades de resistência à tração e à compressão, massa específica e coeficiente de dilatação térmica.

4 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada a partir da execução de ensaios para avaliação e caracterização do revestimento de argamassa estabilizada para ambientes externos, utilizando como referências as normas técnicas brasileiras sobre argamassa para revestimentos de paredes e tetos. Para realização optou-se por utilizar dois tipos de substratos, concreto e bloco cerâmico, e aplicação de chapisco rolado como preparação da base.

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Tecnologia da Construção (LATEC), do Centro Universitário UNIVATES, sendo realizados com a argamassa no estado fresco e no estado endurecido em quatro períodos diferentes: 0 horas, 24 horas, 48 horas e 72 horas. Para garantir a utilização do material durante todo o período foram seguidas as orientações relacionadas à estabilização da argamassa de estudo e demais cuidados referentes ao revestimento e aos ensaios.

Alguns ensaios variam dependendo do local de realização, como é o caso do ensaio de resistência potencial de aderência à tração, que para realização em obra utilizamos a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 13528:2010, e para realização em laboratório utilizamos a ABNT NBR 15258:2005; sendo assim, foram utilizadas as normas para ensaios realizados em laboratório.

Em função da carência de alguns dados do revestimento analisado, principalmente da relação de água inserida no traço da argamassa, conforme será comentado no Item 4.1.1, alguns ensaios não puderam ser realizados. Portanto não foi realizado o ensaio de Teor de ar incorporado, segundo ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 13278:2005, e o ensaio de Retenção de água, segundo a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 13277:2005.

Os ensaios realizados estão citados na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 - Relação dos Ensaios

Estado Fresco	
Ensaio	Normalização
Índice de Consistência	ABNT NBR 13276:2005
Densidade de Massa	ABNT NBR 13278:2005
Estado Endurecido	
Ensaio	Normalização
Resistência à Tração na Flexão	ABNT NBR 13279:2005
Resistência à Compressão	ABNT NBR 13279:2005
Densidade de Massa Aparente no Estado Endurecido	ABNT NBR 13280:2005
Absorção da Água por Capilaridade	ABNT NBR 15259:2005
Coefficiente de Capilaridade	ABNT NBR 15259:2005
Resistência Potencial de Aderência à Tração	ABNT NBR 15258:2005

Fonte: Elaborado pela Autora (2015)

4.1 Especificações dos materiais utilizados

4.1.1 Revestimento

Para realização dos ensaios foi utilizado como revestimento uma argamassa estabilizada (FIGURA 4) fornecida por uma empresa da região do Vale do Taquari, que atende parte das obras da cidade de Lajeado - RS. A argamassa é do tipo mista, a qual é utilizada em obra como massa única, e, conforme contato com fornecedor, é a mais procurada no momento.

Figura 4- Argamassa estabilizada no dia de entrega.



Fonte: Autora (2015)

Esta argamassa é composta por: areia média, areia fina, cimento, água, cal e aditivo retardador. Para que cada material tenha suas propriedades mantidas pelas 72 horas, o fornecedor solicita que, ao final de cada dia de uso da argamassa seja realizada a estabilização da mesma.

A estabilização consiste na regularização da argamassa no interior da caixa, e aplicação de uma camada de água de aproximadamente 10 milímetros, cobrindo toda argamassa. No dia posterior, quando a argamassa será utilizada, é necessário retirar a película de água, e a pequena camada que fica rente à argamassa, a qual não se consegue retirar, deve ser misturada com toda a argamassa armazenada na caixa.

Referente ao traço da argamassa o fornecedor optou por não passar muitas informações, passando apenas uma breve relação de quantidade de cada material, mas que não se pôde comprovar a veracidade dos dados, sendo: Cimento (1), Cal (0,5), Areia fina (2), Areia média (4), e Aditivo (1,5 litros para uma tonelada de argamassa).

4.1.2 Argamassa de chapisco

Para servir como preparação das bases de concreto e de blocos cerâmicos foi utilizada a argamassa de chapisco rolado, o qual é um chapisco industrializado, fornecido em sacos, necessitando apenas de adição de água. Este possui tempo de cura de 24 horas, quando sujeito a receber aplicação de revestimento de argamassa à base de cimento e cal.

O chapisco utilizado é composto por: cimento, polímero, agregados minerais e aditivos especiais, e sua aplicação deve ser realizada com rolo, que, conforme citado no Item 3.2, pode ser utilizado tanto em estruturas de concreto como em alvenarias, e permite fácil aplicação e bom rendimento (FIGURA 5).

Figura 5 - Base de concreto com aplicação de chapisco.



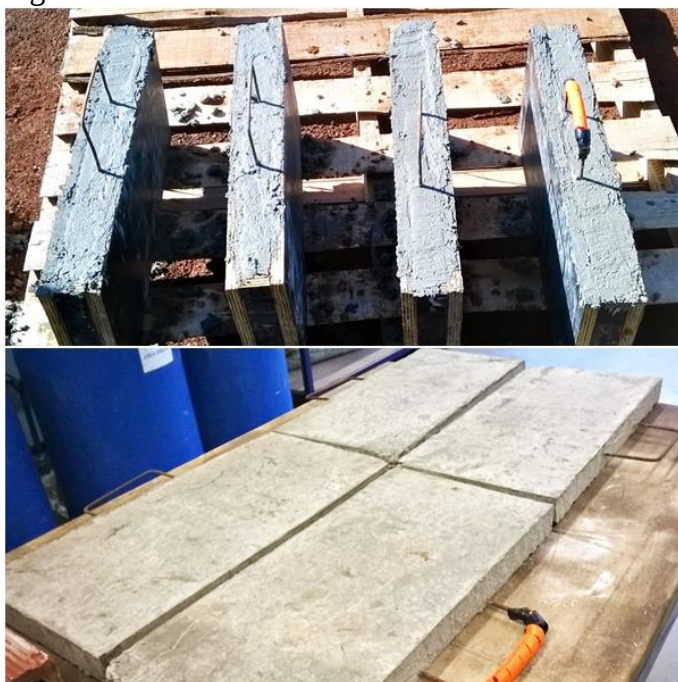
Fonte: Autora (2015)

4.1.3 Concreto

Para a realização dos ensaios em substrato de concreto foram executadas bases de concreto nas dimensões 50 x 25 x 04 cm, dimensão definida pelas necessidades do ensaio de aderência potencial, segundo ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 15258/2005, tendo como resistência 30,27 Mpa.

Essas bases foram feitas com forma de madeira do tipo compensado naval, sem desmoldante, concretadas e posteriormente desformadas, como se pode verificar na Figura 6.

Figura 6 - Bases de concreto.



Fonte: Autora (2015)

4.1.4 Bloco cerâmico

Para realização dos ensaios em substrato de bloco cerâmico foram executados quatro prismas de blocos cerâmicos, conforme Figura 7, utilizando em cada um deles três blocos de oito furos nas dimensões 29 x 19 x 11 cm. Os primas ficaram nas dimensões 60 x 29 x 11 cm, e a resistência dos blocos individualmente é de 1,62 Mpa.

Figura 7 - Prismas de blocos cerâmicos.



Fonte: Autora (2015).

4.2. Descrição dos ensaios e Análise dos resultados

4.2.1 Determinação do Índice de Consistência no Estado Fresco – ABN NBR 13276:2005

O ensaio de determinação do índice de consistência consiste na caracterização da argamassa, podendo ser classificada, segundo Carasek (2007), como: seca, plástica ou fluída.

Para realização do ensaio o primeiro passo foi deixar a mesa de ensaio e o tronco cônico limpos de qualquer partícula; posteriormente foi colocado o tronco cônico no centro da mesa, enchendo-o com argamassa em três camadas sucessivas, onde em cada uma delas recebeu 15, 10 e 5 golpes com o soquete, consecutivamente.

Figura 8 – Tronco cônico.



Fonte: Autora (2015)

Com o tronco preenchido totalmente, foi utilizada a régua metálica para fazer o rasamento, retirando o excesso com pano úmido. O tronco cônico foi retirado, com cuidado para não mexer a argamassa (FIGURA 8), posteriormente foi acionada a mesa de ensaio, realizando os 30 golpes que fizeram com que a argamassa se espalhasse, como se pode verificar na Figura 9.

Figura 9 - Argamassa após sofrer os 30 golpes.

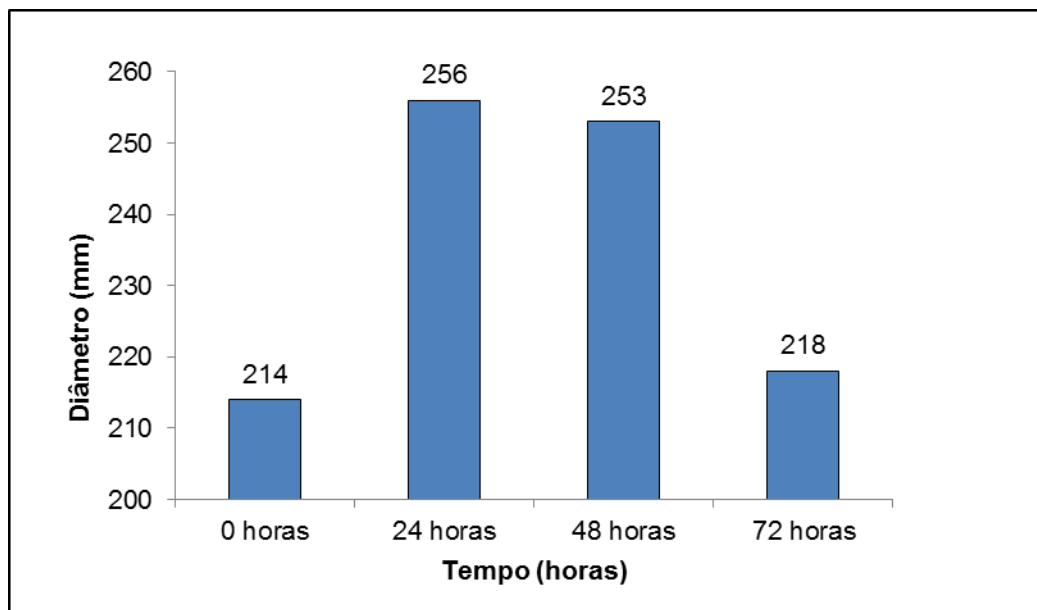


Fonte: Autora (2015).

Após os 30 golpes, realizou-se, com o auxílio do paquímetro, a medição do diâmetro em três pontos da argamassa, e com a média das três medidas se obteve o índice de consistência de cada dia, em milímetros.

Analisando os resultados mostrados no Gráfico 1, pode-se perceber que nos tempos 0 horas e 72 horas, primeiro e último dia, a argamassa obteve um índice de consistência menor, e que nos tempos 24 horas e 48 horas a consistência foi mais elevada. Isso acontece devido à estabilização da argamassa. No momento de entrega se percebeu que a argamassa se mostrava mais “seca”, e após começar a receber a estabilização ela começou a ficar mais fluída; já no último dia iniciou-se uma queda nos resultados, o que pode estar relacionado ao tempo de utilização da argamassa.

Gráfico 1 - Determinação do índice de consistência.



Fonte: Elaborado pela Autora (2015)

A norma não exige valores de índice de consistência, mas ela deve apresentar boa consistência, logo pode-se concluir que os resultados nos tempos 24 horas e 48 horas se apresentam mais adequados. Quando comparados à outros tipos de amostra, conforme Tabela 2, comprova-se que os valores de 214 mm e 218 mm estão fora dos limites apresentados nas demais amostras.

Tabela 2 - Comparação do índice de consistência.

Autor	Revestimento	Índice de consistência (mm)
Autora	Argamassa Estabilizada	214
		256
		253
		218
Moura (2007)	Convencional Tipo 1 (1:1:5,5)	260
	Convencional Tipo 2 (1:0,94:3,25)	247
	Industrializado 1	275
	Industrializado 2	242
Gasperin (2011)	Convencional padrão	272

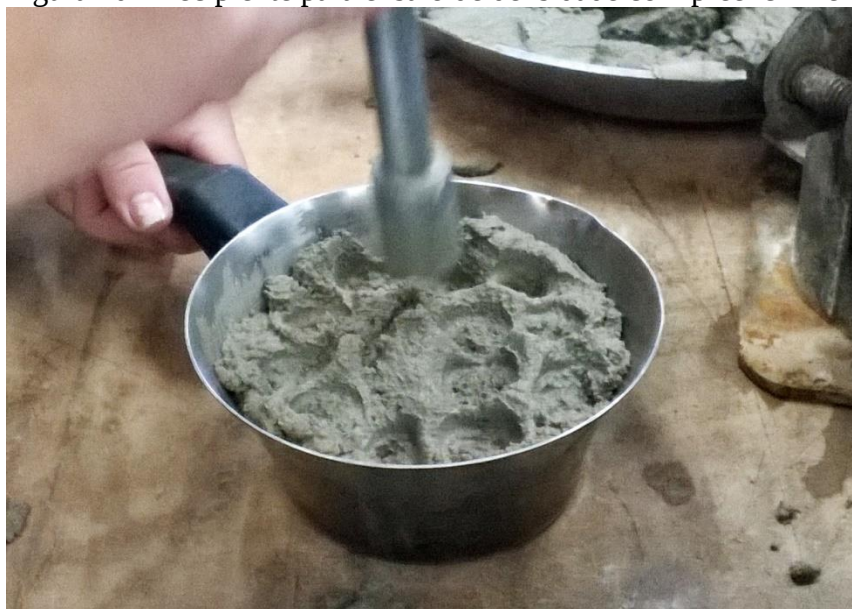
Fonte: Elaborado pela Autora (2015)

4.2.2 Determinação da Densidade de Massa no Estado Fresco – ABNT NBR 13278:2005

O primeiro passo do ensaio seria a calibração do recipiente onde a argamassa é inserida, mas esta etapa não precisou ser realizada, pois os laboratoristas já haviam realizado a calibração de um recipiente específico para este ensaio, processo que é necessário para obtenção do volume do recipiente.

Com o recipiente calibrado, a primeira etapa realizada do ensaio foi a colocação da argamassa no recipiente cilíndrico. A argamassa foi inserida no recipiente em três camadas, de alturas aproximadamente iguais, onde foi aplicado em cada uma delas 20 golpes ao longo do perímetro da argamassa. Cada golpe efetuado corresponde à entrada e à saída da espátula (soquete) na posição vertical, como pode ser visto na Figura 10.

Figura 10 - Recipiente para ensaio de densidade com preenchimento de argamassa.



Fonte: Autora (2015)

Cada camada recebeu golpes com forças diferentes; na primeira camada os golpes foram efetuados de maneira a atingir fortemente o fundo do recipiente; já nas demais camadas a espátula foi aplicada de maneira a atingir somente a superfície da camada imediatamente inferior.

Após a execução de cada camada, foram efetuadas três quedas do recipiente com altura aproximada de 3 cm, preenchendo os vazios entre a argamassa e a parede do recipiente, após realizou-se o rasamento da argamassa. O recipiente foi limpo em suas paredes externas e pesado, registrando a massa do recipiente cheio, como pode ser visto na Figura 11.

Figura 11 - Recipiente de ensaio na balança.



Fonte: Autora (2015)

A densidade da massa foi obtida através da seguinte equação:

$$d = \frac{mc - mv}{vr} \times 1000$$

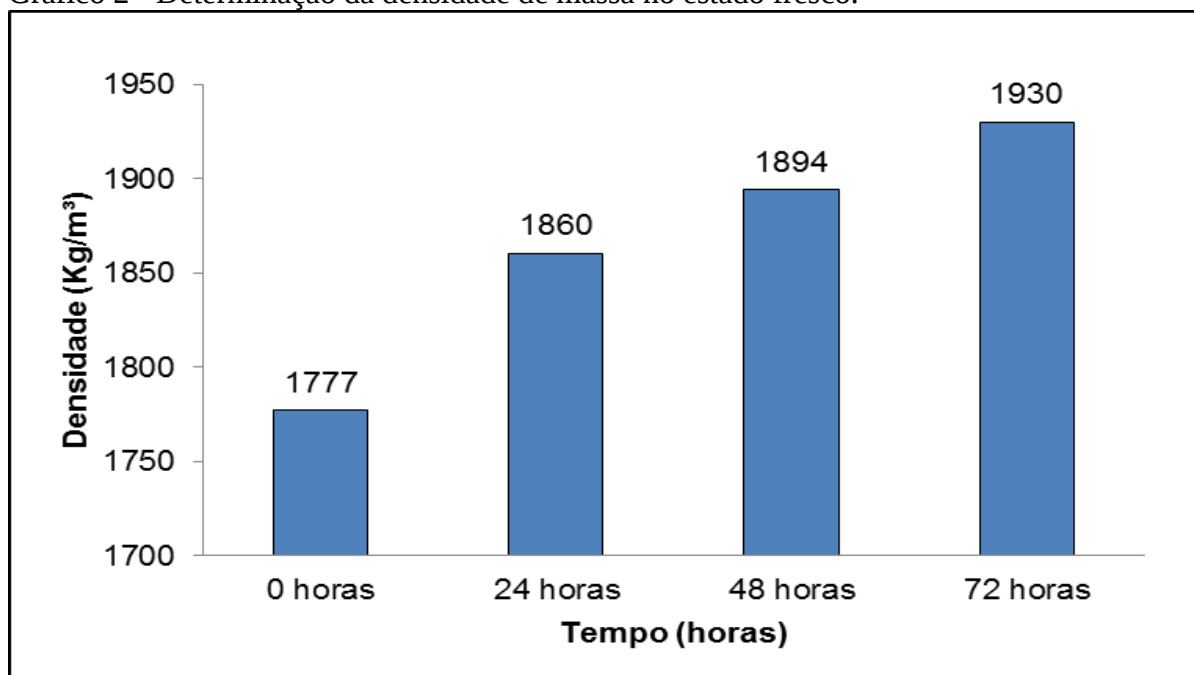
Onde:

Mc é a massa do recipiente cilíndrico contendo a argamassa de ensaios, em gramas;

Mv é a massa do recipiente cilíndrico vazio, em gramas;

Vr é o volume do recipiente cilíndrico, em cm³.

Gráfico 2 - Determinação da densidade de massa no estado fresco.



Fonte: Elaborado pela Autora (2015)

O Gráfico 2 mostra que a densidade de massa da argamassa estabilizada aumenta em função do tempo, mostrando que nas primeiras 24 horas de uso o aumento da densidade é bem maior que no restante do tempo, enquanto no primeiro intervalo de tempo o crescimento é de 83 Kg/m³, nos demais o crescimento fica em torno de 35 Kg/m³.

Analisando a densidade da argamassa ensaiada com outras amostras (TABELA 3) é possível verificar que os valores ficam dentro dos limites apresentados, mas quando relacionados às argamassas convencionais, em sua maioria se apresentam um pouco inferiores.

Tabela 3 - Comparação da densidade de massa do estado fresco.

Autor	Revestimento	Densidade de massa no estado fresco (Kg/m³)
Autora	Argamassa Estabilizada	1777
		1860
		1894
		1930
Moura (2007)	Convencional Tipo 1 (1:1:5,5)	2020
	Convencional Tipo 2 (1:0,94:3,25)	2030
	Industrializado 1	2030
	Industrializado 2	1700
Gasperin (2011)	Convencional padrão	1921

Fonte: Elaborado pela Autora (2015)

Seguindo os requisitos mencionados na ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 13281:2005, a densidade da argamassa se classifica como classe D4, conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Tabela de classificação quanto à ABNT NBR 13278.

Classe	Densidade de massa no estado fresco Kg/m ³	Método de ensaio
D1	≤ 1400	ABNT NBR 13278
D2	1200 a 1600	
D3	1400 a 1800	
D4	1600 a 2000	
D5	1800 a 2200	
D6	> 2000	

Fonte: Adaptada ABNT NBR 13281:2005, Tabela 5, p. 4

4.2.3 Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão – ABNT NBR 13279:2005

O ensaio de determinação de resistência à tração na flexão e à compressão consiste em verificar a resistência da argamassa. O primeiro passo do ensaio foi revestir o molde dos corpos-de-prova com papel filme, necessário para facilitar a retirada dos corpos-de-prova do molde posteriormente.

Com o molde pronto e colocado em cima da mesa de adensamento, iniciou-se a introdução da argamassa. A argamassa foi inserida em duas etapas, com o auxílio da espátula, sendo que em cada camada foi acionada a mesa de adensamento para que o molde sofresse as 30 quedas, fazendo assim com que a argamassa se “acomodasse” dentro do molde. Após as duas camadas completas foram realizados os rasamentos dos moldes, deixando-os prontos.

Os corpos-de-prova ficaram no molde pelo período de 72 horas; em função de se tratar de argamassa estabilizada, que possui aditivos retardadores, foi necessário deixar os corpos-de-prova no molde por um tempo maior que o normalmente deixado, que seria de 48 horas.

As rupturas dos corpos-de-prova necessitaram ficar em processo de cura por 28 dias, tempo exigido pela norma, e só após esse tempo puderam ser realizadas as rupturas.

Para o processo do ensaio de resistência à tração na flexão, foi posicionado o corpo-de-prova nos dispositivos de apoio do equipamento de ensaio, deixando sempre a face rasada

sem contato com os dispositivos. Após foi aplicada a carga de (50 ± 10) N/s até a ruptura do corpo de prova (FIGURA 12).

Figura 12 - Ensaio de resistência à tração na flexão e à compressão.

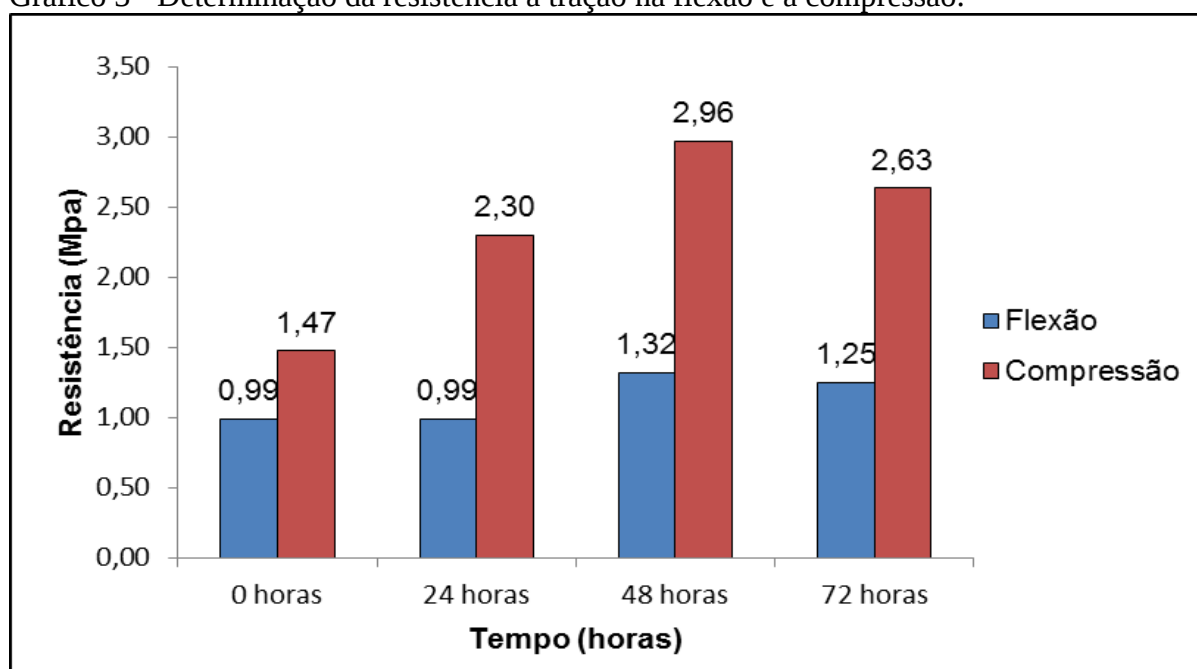


Fonte: Autora (2015)

O procedimento do ensaio de resistência à compressão axial é semelhante, como pode ser visto na Figura 12. Foram utilizadas as metades dos três corpos-de-prova do ensaio de flexão, estas foram posicionadas no dispositivo de apoio do equipamento, sempre fazendo com que a face rasada não ficasse em contato com o dispositivo de apoio nem com o dispositivo de carga. Após aplicou-se a carga de (500 ± 50) N/s até a ruptura do corpo-de-prova.

Os resultados obtidos nos ensaios podem ser verificados no Gráfico 3, onde percebe-se que há um aumento na resistência em função do tempo, e que no último dia ela começa a decair, mostrando que os materiais já estão começando a perder suas propriedades.

Gráfico 3 - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.



Fonte: Elaborado pela Autora (2015)

Os resultados de resistência quando comparados com outras amostras de argamassa, conforme mostrado na Tabela 5, apresentam resistência inferior, porém com pouca diferença entre eles.

Tabela 5 - Comparação da resistência à tração na flexão e à compressão.

Autor	Revestimento	Resistência à tração na flexão (Mpa)	Resistência à compressão (Mpa)
Autora	Argamassa Estabilizada	0,99	1,47
		0,99	2,3
		1,32	2,96
		1,25	2,63
Moura (2007)	Convencional Tipo 1 (1:1:5,5)	0,81	1,81
	Convencional Tipo 2 (1:0,94:3,25)	1,45	3,78
	Industrializado 1	2,09	6,46
	Industrializado 2	1,74	3,09
Gasperin (2011)	Convencional padrão	2,26	5,01

Fonte: elaborado pela Autora (2015)

Seguindo os requisitos mencionados na ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 13281:2005, a resistência à tração na flexão e à compressão são classificadas como R1 e P2, respectivamente, conforme mostram as Tabelas 6 e 7.

Tabela 6 - Classificação quanto à resistência à ABNT NBR 13279.

Classe	Resistência à tração na flexão Mpa	Método de ensaio
R1	$\leq 1,5$	ABNT NBR 13279
R 2	1,0 a 2,0	
R 3	1,5 a 2,7	
R 4	2,0 a 3,5	
R 5	2,7 a 4,5	
R 6	$> 3,5$	

Fonte: Adaptada ABNT NBR 13281:2005, Tabela 3, p. 3

Tabela 7 - Classificação quanto à ABNT NBR 13279.

Classe	Resistência à compressão Mpa	Método de ensaio
P1	$\leq 2,0$	ABNT NBR 13279
P 2	1,5 a 3,0	
P 3	2,5 a 4,5	
P 4	4,0 a 6,5	
P 5	5,5 a 9,0	
P 6	$> 8,0$	

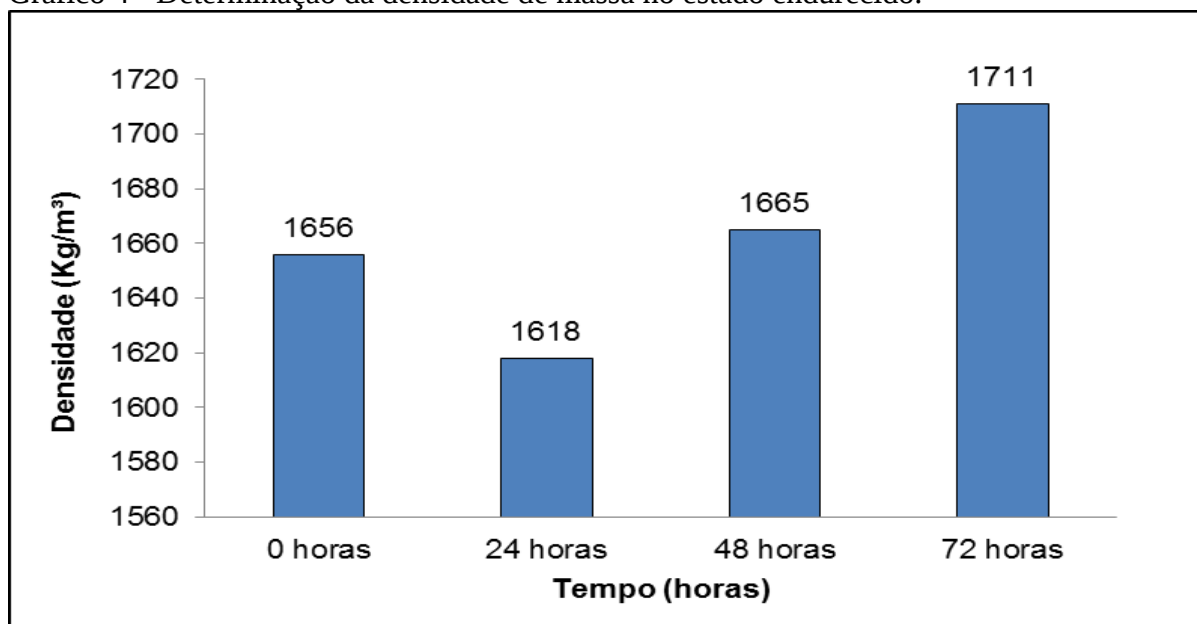
Fonte: Adaptada ABNT NBR 13281:2005, Tabela 1, p. 3

4.2.4 Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido – ABNT NBR 13280:2005

Para realização desse ensaio, inicialmente foram moldados três corpos-de-prova com a argamassa fresca, conforme ABNT NBR 13279; os quais ficaram em processo de cura durante 28 dias. Passado o tempo de cura, com o auxílio do paquímetro, foram realizadas as medidas das dimensões do corpo-de-prova (largura, altura, e comprimento) em duas posições, e foram realizadas as medidas de massa em gramas.

Após obtenção dos dados foi possível calcular o volume, e a partir do volume e da massa obteve-se a densidade da massa, conforme se pode verificar no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Determinação da densidade de massa no estado endurecido.



Fonte: Elaborado pela Autora (2015)

A densidade de massa apresentou resultados diferentes ao longo do tempo, no primeiro pro segundo período de tempo a densidade diminuiu, enquanto nos demais ela aumentou. Quando comparados os valores com os de outras amostras, verifica-se que os valores obtidos se encontram inferiores aos das amostras, conforme Tabela 8.

Tabela 8 - Comparação da densidade de massa no estado endurecido.

Autor	Revestimento	Densidade de massa aparente no estado endurecido (Kg/m³)
Autora	Argamassa Estabilizada	1656
		1618
		1665
		1711
Moura (2007)	Convencional Tipo 1 (1:1:5,5)	1837
	Convencional Tipo 2 (1:0,94:3,25)	1839
	Industrializado 1	1854
	Industrializado 2	1537
Gasperin (2011)	Convencional padrão	-

Fonte: Elaborado pela Autora (2015)

Seguindo os requisitos mencionados na ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 13281:2005, a densidade de massa aparente no estado endurecido se classifica como M5, conforme Tabela 9.

Tabela 9 - Classificação quanto à ABNT NBR 13280.

Classe	Densidade de massa aparente no estado endurecido (Kg/m ³)	Método de ensaio
M1	≤ 1200	ABNT NBR 13280
M2	1000 a 1400	
M3	1200 a 1600	
M4	1400 a 1800	
M5	1600 a 2000	
M6	> 1800	

Fonte: Adaptada ABNT NBR 13281:2005, Tabela 2, p. 3

4.2.5 Determinação da absorção da água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade – ABNT NBR 15259:2005

Para realização do ensaio de absorção da água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade foi necessário moldar três corpos-de-prova, nas dimensões 4 x 4 x 16 cm, ainda com a argamassa fresca, conforme ABNT NBR 13279:2005. Esses corpos de prova foram ensaiados após 28 dias, período de cura da argamassa exigido pela norma.

Após os 28 dias de idade realizou-se o ensaio de absorção, para o qual foi necessário lixar os corpos-de-prova com a lixa grossa, e limpá-los com o auxílio do pincel, deixando-os prontos para o ensaio. Após foi executada, com a balança, a pesagem de cada um deles ainda completamente secos, obtendo a massa de cada um em gramas.

Anotadas as primeiras medidas de massa, os corpos-de-prova foram inseridos em um recipiente com uma camada de água de 5 ± 1 mm, com a face quadrada sobre o recipiente, conforme pode ser verificado na Figura 13. Os corpos de prova ficaram no recipiente por 90 minutos, e foram anotadas suas medidas de massa, em gramas, no tempo 10 minutos e 90 minutos.

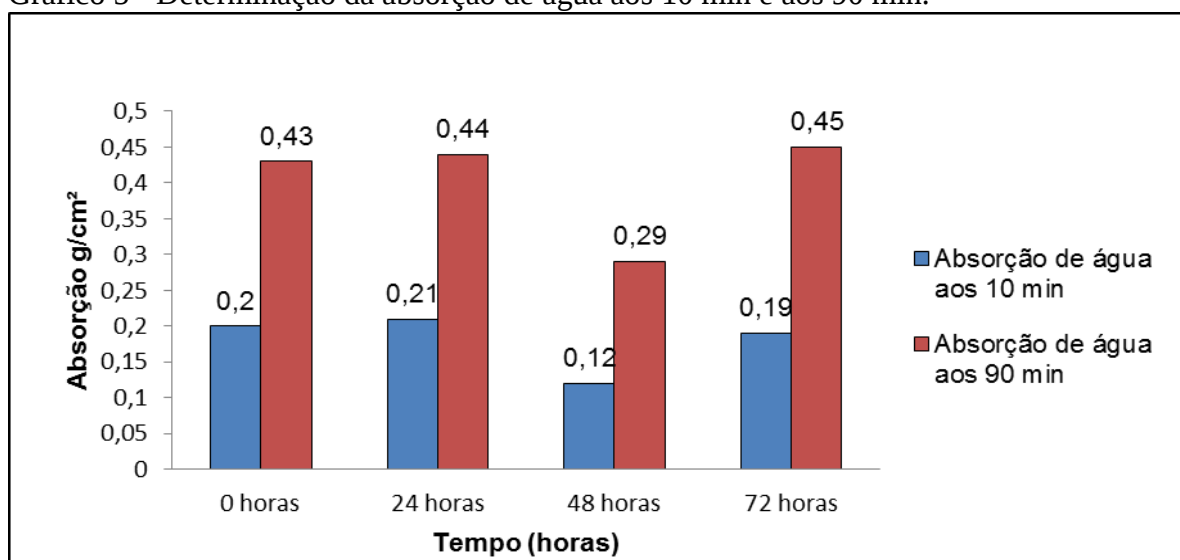
Figura 13 - Corpos de prova com absorção de água.



Fonte: Autora (2015)

Com a obtenção dos valores da massa inicial, da massa aos 10 min e da massa aos 90 min, foi possível calcular a absorção por capilaridade em cada tempo, dividindo a variação de massa pela área de seção transversal do corpo-de-prova. Os resultados obtidos, conforme se pode verificar no Gráfico 5, mostram que há um aumento muito pequeno de absorção da água em função do tempo, pois os valores são muito próximos, salvo no tempo de 48 horas, onde houve uma queda maior na absorção.

Gráfico 5 - Determinação da absorção de água aos 10 min e aos 90 min.



Fonte: elaborado pela Autora (2015)

O coeficiente de capilaridade é igual ao coeficiente angular que passa pela reta que passa pelos pontos representativos das determinações realizadas aos 10 e aos 90 min. Podendo ser calculado de acordo com a seguinte equação:

$$C = m_{90} - m_{10}$$

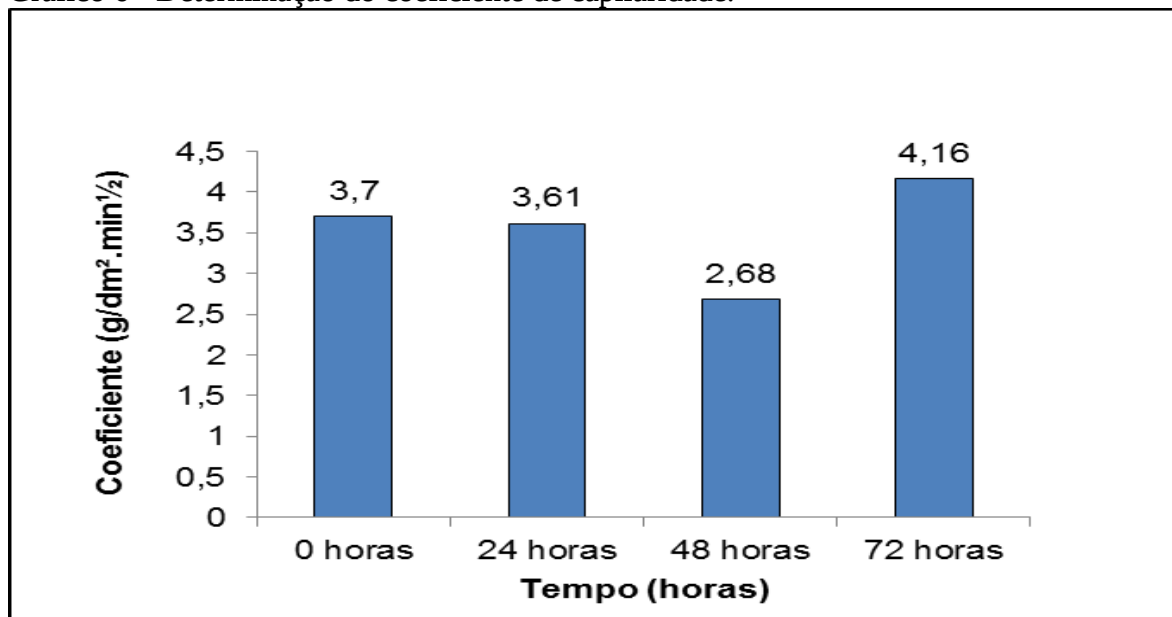
Onde:

C é o coeficiente de capilaridade, em gramas por decímetro quadrado pela raiz quadrada de minuto ($\text{g/dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$).

A norma ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 15259:2005 tem como observação que ““O coeficiente de capilaridade assim definido é aproximadamente igual ao valor médio das diferenças de massas aos 10 minutos e aos 90 minutos.””

O Gráfico 6 mostra os valores de coeficientes encontrados, os quais diminuem nos primeiros tempos e no último mostram um aumento representativo.

Gráfico 6 - Determinação do coeficiente de capilaridade.



Fonte: Elaborado pela Autora (2015)

Na Tabela 10 é possível verificar os valores de absorção de água e do coeficiente de capilaridade de outras amostras, e a partir dos valores observados pode-se concluir que a

argamassa em estudo possui uma absorção bem menor, valores esses que são interessantes para revestimentos externos.

Tabela 10 - Comparação da absorção de água e do coeficiente de capilaridade.

Autor	Revestimento	Absorção da água por capilaridade 10 min (g/cm ²)	Absorção da água por capilaridade 90 min (g/cm ²)	Coeficiente de capilaridade (g/dm ² .min ^{1/2})
Autora	Argamassa Estabilizada	0,2	0,43	3,7
		0,21	0,44	3,61
		0,12	0,29	2,68
		0,19	0,45	4,16
Moura (2007)	Convencional Tipo 1 (1:1:5,5)	0,67	1,77	18,7
	Convencional Tipo 2 (1:0,94:3,25)	0,48	1,18	11,42
	Industrializado 1	0,51	1,18	10,65
	Industrializado 2	0,43	1,15	11,21
Gasperin (2011)	Convencional padrão	0,7		-

Fonte: Elaborado pela Autora (2015)

Seguindo os requisitos mencionados na ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 13281:2005, o coeficiente de capilaridade se classifica como C3 e C4, conforme Tabela 11.

Tabela 11 - Classificação quanto à ABNT NBR 15259.

Classe	Coeficiente de capilaridade g/dm ² .min ^{1/2}	Método de ensaio
C1	≤ 1,5	ABNT NBR 15259
C2	1,0 a 2,5	
C3	2,0 a 4,0	
C4	3,0 a 7,0	
C5	5,0 a 12,0	
C6	> 10,0	

Fonte: Adaptada ABNT NBR 13281:2005, Tabela 4, p. 3

4.2.6 Determinação da resistência potencial de aderência à tração – ABNT NBR 15258:2005

O ensaio consiste em avaliar a aderência do revestimento, que é a propriedade da argamassa de resistir às tensões atuantes na interface com o substrato; e avaliar a resistência de aderência à tração, que é a tensão máxima aplicada por uma carga perpendicular à superfície da argamassa aplicada no substrato.

Em função de o ensaio ser realizado em laboratório foi necessário executar bases de concreto e de cerâmica. As bases de concreto e de bloco cerâmico foram realizadas nas dimensões 50 x 25 x 04 cm e 60 x 29 x 11 cm, respectivamente, conforme citado no Item 4.1.3 e no Item 4.1.4.

Essas bases receberam uma camada de chapisco como preparação da base. A aplicação do chapisco foi realizada aproximadamente uma semana antes da realização da aplicação do reboco; sendo utilizado o chapisco industrializado conforme citado no Item 4.1.2. Após as bases preparadas foi executada uma forma de contorno em cada uma delas, deixando-as prontas para receber o revestimento de argamassa.

A aplicação do revestimento foi realizada com o auxílio de uma caixa de queda que facilitou a aplicação da argamassa para ensaios. Como pode ser ver na Figura 14, a caixa consiste em uma grade com uma tampa móvel na parte inferior, local este que será armazenada a argamassa, também podendo ser visto na Figura 14. Segundo Antunes (2005, *apud* ROHDEN *et al.*, 2010), a argamassa aplicada a partir da altura de 1 metro, tem a mesma força e intensidade que a aplicação realizada por um pedreiro.

Figura 14 - Caixa de queda.



Fonte: Autora (2015)

Para realização do ensaio de aderência é necessário que a argamassa tenha 28 dias de idade, portanto o ensaio foi realizado 28 dias após a aplicação. Primeiramente foram realizados os cortes no revestimento, com o auxílio do equipamento de corte, onde se cortou o revestimento e aproximadamente 1 mm do substrato (FIGURA 15). Cada base recebeu dez

furos, os quais devem estar afastados da base em 40 mm e entre si devem manter uma distância de 20 mm. Após o corte, retirou-se, com o auxílio de um aspirador e um pincel, todas as partículas da parte superior da base.

Figura 15 - Corte do revestimento.



Fonte: Autora (2015)

Com a base completamente limpa, foram coladas as pastilhas utilizando a cola Solda Plástica Poxipol 10 min, a qual necessita de 10 minutos para secar. Após passar este período mínimo de tempo, o equipamento de tração foi acoplado às pastilhas e iniciou-se a aplicação do esforço de tração perpendicular ao corpo de prova (Figura 16).

Figura 16 - Equipamento de carga acoplado à pastilha.



Fonte: Autora (2015)

Cada pastilha resultou em uma carga de ruptura. Dependendo do valor da carga, das características de ruptura e da área superficial, realizou-se uma análise, e a partir destes dados foi possível calcular a resistência potencial de aderência à tração. Na Figura 17 é possível verificar alguns modelos de rupturas que foram encontrados nos ensaios, grande parte delas foram classificadas como rupturas na argamassa, podendo ser analisadas mais profundamente nos Anexos.

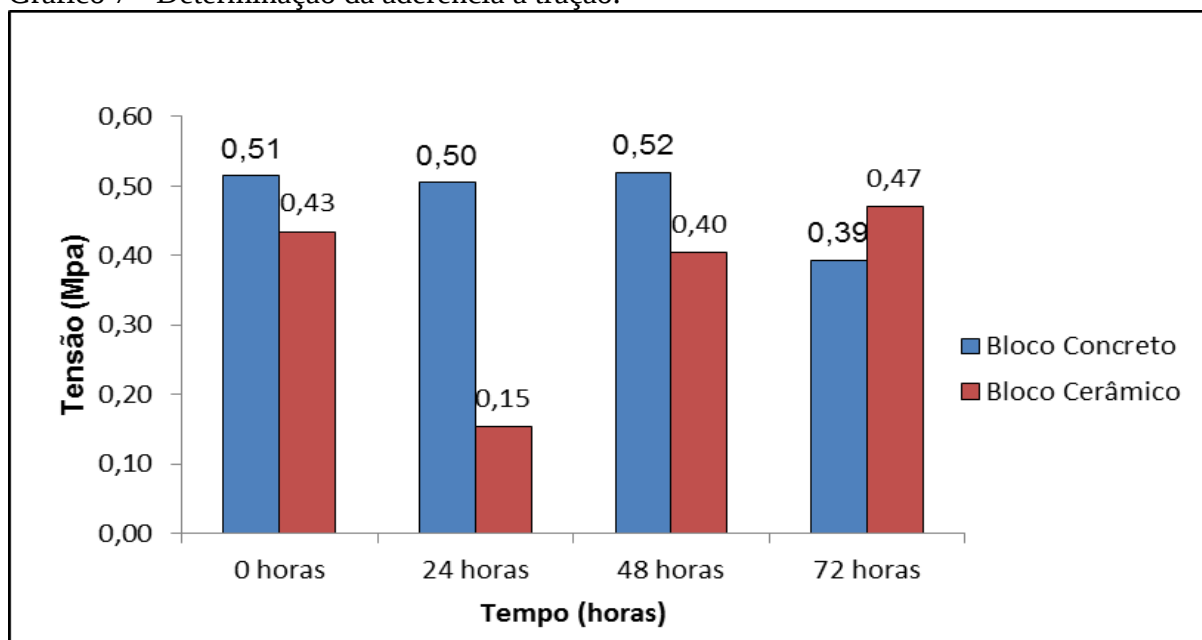
Figura 17 - Modelos de rupturas encontrados.



Fonte: Autora (2015)

Como se pode verificar no Gráfico 7, as bases de concreto tiveram melhor desempenho no ensaio de aderência, suportando tensões maiores. Em relação ao tempo de aplicação da argamassa, podemos perceber que, nas primeiras 48 horas da base de concreto, ela se mantém em valores próximos, e nas 72 horas esses valores começam a decair. Na base de blocos cerâmicos os resultados, salvo o do tempo 24 horas, são próximos, mas no último dia a aderência aumentou, contrariando o comportamento encontrado na base de concreto.

Gráfico 7 - Determinação da aderência à tração.



Fonte: elaborado pela Autora (2015)

Em todos os dias, salvo no tempo de 24 horas do bloco cerâmico, os resultados alcançaram o mínimo exigido em norma, que, conforme a Tabela 12, para paredes externas o resultado deve ser ≥ 30 Mpa.

Tabela 12 - Valores de resistência potencial de aderência à tração - ABN NBR 13749:2013.

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: ABNT NBR 13749:2013

Comparando os valores encontrados com outras amostras de argamassas, conforme Tabela 13, é possível verificar que os valores obtidos foram bem satisfatórios, pois além de atingirem o estabelecido pela ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 13749:2013, eles são superiores a quase todas as demais amostras identificadas.

Tabela 13 - Comparação da aderência à tração.

Autor	Revestimento	Aderência à tração (Tensão Mpa)		
		Base de Concreto	Base Bloco cerâmico	
Autora	Argamassa Estabilizada	0,51	0,43	
		0,50	0,15	
		0,52	0,40	
		0,39	0,47	
Moura (2007)		Chapisco Indust. 1	Chapisco Indust. 2	
	Convencional Tipo 1 (1:1:5,5)	0,15	0,13	
	Convencional Tipo 2 (1:0,94:3,25)	0,10	0,22	
	Industrializado 1	0,30	0,26	
	Industrializado 2	0,18	0,17	
Gasperin (2011)		Aplic. Manual	Aplic. Mecanizada	
	Convencional padrão	0,49	0,56	
	Convencional (1:1,5:6)	0,28	-	
Fernandes (2012)		Reboco com 0,70 m de alt.	Reboco com 1,40 m de alt.	Reboco com 2,10 m de alt.
	Argamassa Industrializada	0,38	0,37	0,33
Pereira (2014)		Sem chapisco - bloco cerâmico	Chapisco tradicional- bloco cerâmico	Chapisco rolado - bloco cerâmico
	Argamassa Industrializada	0,53	0,59	0,45

Fonte: elaborada pela Autora (2015)

Seguindo os requisitos mencionados na ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 13281:2005, a resistência potencial de aderência à tração é classificada como A3, conforme pode ser verificado na Tabela 14.. No tempo 24 horas do bloco cerâmico, verifica-se sua classificação é dada como A1, mas salienta-se que o resultado obtido está fora dos parâmetros mínimos exigidos pela ABN NBR 13749:2013.

Tabela 14 – Classificação quanto à ABNT NBR 15258.

Classe	Resistência potencial de aderência à tração Mpa	Método de ensaio
A1	< 0,2	ABNT NBR 15258
A 2	≥ 0,2	
A 3	≥ 0,3	

Fonte: Adaptada ABNT NBR 13281:2005, Tabela 7, p. 4.

4.2.7 Análise final

Após apresentação e discussão de cada ensaio individualmente é possível fazer uma análise geral de todos os resultados encontrados, podendo avaliar o revestimento de forma positiva, levando em consideração que os ensaios de caracterização e de aderência mostraram bons resultados quando comparados à norma e quando comparados à outros tipos de argamassas.

Os ensaios de caracterização podem ser relacionados, porém os resultados não mostram um parâmetro durante os quatro períodos de ensaios, não sendo possível estabelecer uma linha linear em quase nenhum dos casos pelo fato de os valores variarem de formas diferentes dependendo do ensaio, mas identifica-se que em quase 100% dos ensaios o bom desempenho se manteve, mostrando que as quantidades dos materiais utilizados, assim como a qualidade dos mesmos, e os aditivos foram bem estabelecidos.

Alguns pontos foram identificados como não adequados, como é o caso da consistência nos tempos 0 horas e 72 horas, mas esses valores não interferiram nos demais ensaios; assim como o resultado de aderência do base cerâmica no tempo 24 horas, que apresentou valor bem inferior, este deve ter sido prejudicado em função de algum acontecimento não identificado, mas não interfere nos demais, não prejudicando assim o bom desempenho de aderência encontrado neste tipo de revestimento.

5 CONCLUSÃO

Com a análise dos resultados, verificou-se que a argamassa estabilizada utilizada na região de Lajeado, de forma geral apresentou bons resultados em seus ensaios.

Quando comparado os resultados obtidos neste trabalho a outros dados da literatura, observou-se uma variação, em que valores aproximados, superiores e inferiores foram encontrados, demonstrando que a argamassa estudada se enquadra dentro dos parâmetros em quase totalmente todos os ensaios.

O ensaio de absorção de água destacou-se de forma positiva. Os valores encontrados são inferiores as demais amostras, o que é interessante para revestimentos externos, uma vez que a permeabilidade é uma das funções que a argamassa deve apresentar.

A resistência potencial de aderência à tração, outro ensaio importante para o revestimento externo, obteve resultados bastante satisfatórios, em que 87,5% das amostras atenderam valores acima das exigências da norma. Somente um resultado, por motivos desconhecidos, apresentou-se bem inferior, no entanto, ao realizar uma média com os resultados de todos os ensaios, teríamos 100% de satisfação no revestimento. Quanto aos substratos utilizados, o revestimento aplicado ao concreto apresentou melhor desempenho que o cerâmico.

No ensaio de consistência foram encontrados alguns valores abaixo do usual no primeiro e no último ensaio. Estes resultados se devem, provavelmente, ao baixo teor de água no primeiro ensaio e no último ensaio, a ela estar perdendo suas propriedades em função do tempo.

De forma geral, a argamassa estudada teve um bom desempenho, podendo ainda ser melhorada em alguns aspectos, como na consistência, no entanto são ajustes de pouca

relevância. Futuramente, ensaios como o uso de chapisco ou não, ou ensaios comparativos entre argamassas convencionais e estabilizadas, poderiam ser feitos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. ABNT, 2005.

_____. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. ABNT, 2005.

_____. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. ABNT, 2005.

_____. **NBR 13280**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. ABNT, 2005.

_____. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. ABNT, 2005.

_____. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia. ABNT, 2013.

_____. **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Especificação. ABNT, 2013.

_____. **NBR 15258**: Argamassa para revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência potencial de aderência à tração. ABNT, 2005.

_____. **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos, Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Terminologia e requisitos. ABNT, 2005.

_____. **NBR 15270-3**: Componentes cerâmicos, Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. ABNT, 2005.

_____. **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. ABNT, 2005 – Versão corrigida 2:2009.

_____. **NBR13749** : Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação. ABNT, 2013.

BAÍIA, Luciana Leone Maciel; SABBATINI, Fernando Henrique. **Projeto e execução de revestimento de argamassa**. 4ª edição, O nome da rosa editora Ltda – São Paulo –SP, 2008.

BAUER, Elton; REGUFFE, Marcelo; NASCIMENTO, M.L.M; CALDAS, L.R. **Requisitos das argamassas estabilizadas para revestimento**. XI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das argamassas. Porto Alegre - RS, 2015.

CARASEK, Helena. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 1ª ed. ISAIA, Geraldo Cechella– São Paulo: IBRACON, 2007, Cap. 26 – Argamassas, pág. 863 a 904. Volume2

CHEMIN, Beatris Francisca. **Manual da Univates para trabalhos acadêmicos: planejamento, elaboração e apresentação**. 3. ed. Lajeado: Univates, 2015. 317 p.

DUBAJ, Eduardo. **Estudo comparativo entre traços de argamassas utilizadas em Porto Alegre**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: UFRGS, 2000. Disponível em: < <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2442/000319569.pdf?sequence=1> >. Acesso em: 19 de Abril de 2015.

FERNANDES, Willian Leandro. **Desempenho mecânico de revestimento interno de parede produzido com argamassa projetada aplicado sobre blocos cerâmicos lisos**. Trabalho de Diplomação (em Engenharia Civil) apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: < <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/79789> >. Acesso em: 29/10/2015.

FIORITO, Antônio J.S.I. **Manual de argamassas e revestimentos – Estudos e Procedimentos de Execução**. 2º ed, São Paulo: Pini, 2009.

GASPERIN, Josiane. **Aderência dos revestimentos de argamassa em substratos de concreto: Influência da forma de aplicação e composição do chapisco**. Defesa (Mestrado em Engenharia) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: UFRGS, 2011. Disponível em: < <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/35609/000793853.pdf?sequence=1> >. Acesso em: 19 de Abril de 2015.

GROCHOT, Bruna Maciel. **Avaliação dos métodos de ensaio preconizados na NBR 15575-4/2010 quanto à estanqueidade à água aplicados em revestimentos de argamassa**. Trabalho de Diplomação (em Engenharia Civil) apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: < <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/79761/000896719.pdf?sequence=1> >. Acesso em: 22 de Março de 2015.

HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 1ª ed. ISAIA, Geraldo Cechella– São Paulo: IBRACON, 2007, Cap. 27 – Concreto de Cimento Portland, pág. 905 a 944. Volume2.

LONGHI, Márlon Augusto. **Revestimento de argamassa industrializada sobre substrato de concreto estrutural: Análise de desempenho quando submetidos a envelhecimento acelerado.** Trabalho de Diplomação (em Engenharia Civil) apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <
<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/79778/000897377.pdf?sequence=1> >.
 Acesso em: 22 de Março de 2015.

MATOS, Paulo Ricardo de. **Estudo da utilização de argamassa estabilizada em alvenaria estrutural de blocos de concreto.** Trabalho de Diplomação (em Engenharia Civil) apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. Disponível em: <
https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/115462/TCC_Paulo_Matos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 24 de Abril de 2015.

MOURA, Cristiane Borges. **Aderência de revestimentos externos de argamassa em substratos de concreto: Influência das condições de temperatura e ventilação na cura do chapisco.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: UFRGS, 2007. Disponível em: <
<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13517/000650228.pdf?sequence=1> >.
 Acesso em: 08 de Abril de 2015.

PEREIRA, Leonardo Jorge. **Revestimento interno de argamassa em alvenaria com blocos cerâmicos: verificação da aderência com e sem uso de chapisco.** Trabalho de Diplomação (em Engenharia Civil) apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <
<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/107520>>. Acesso em: 29/10/2015.

ROHDEN, Abrahão Bernardo; LAMB, Gisele Santoro; PINTO, Marília de Lavra; BONIN, Luis Carlos; MASUERO, Angela Borges. **Efeito da altura de queda na resistência de aderência à tração argamassa.** Artigo apresentado no ENTAC, Rio Grande do Sul, Canela, 2010. Disponível em: <
<http://www.infohab.org.br/entac2014/2010/arquivos/343.pdf>>. Acesso em: 08/09/2015.

RUDUIT, Felipe Regert. **Contribuição ao estudo da aderência de revestimento de argamassa e chapiscos em substratos de concreto.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: UFRGS, 2009. Disponível em: <
<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/21920/000737556.pdf?sequence=1> >.
 Acesso em: 20 de Maio de 2015.

THOMAS, Felipe Becker. **Sistema de produção para argamassa para revestimento externo: Comparação entre argamassa industrializada em saco e em silo.** Trabalho de Diplomação (em Engenharia Civil) apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <
<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/63185/000862907.pdf?sequence=1> >.
 Acesso em: 22 de Março de 2015.

TUSSET, Cyane. **Avaliação de desempenho de revestimento externo de argamassa quanto à permeabilidade e resistência à aderência – Estudo de caso.** Trabalho de Diplomação (em Engenharia Civil) apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <
<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/28557/000769504.pdf?sequence=1> >. Acesso em: 22/03/2015

ANEXOS

RESULTADOS ABNT NBR 15258:2005 3º DIA												
CONCRETO						BLOCO CERÂMICO						
A DORRUPA DOS CORPOS-DE-PROVA												
Tabela 1 - Apresentação dos resultados do ensaio da argamassa												
Corpo-de prova nº	Carga N	Seção mm²	Tensão Mpa	Forma de Ruptura			Carga N	Seção mm²	Tensão Mpa	Forma de Ruptura		
				S	S/A	A				F	S	S/A
1	1177	1735	0,68			x	853	1735	0,49			x
2	941	1735	0,54			x	941	1735	0,54		x	
3	834	1735	0,48			x	706	1735	0,41			x
4	1020	1735	0,59			x	373	1735	0,21			x
5	981	1735	0,57			x	647	1735	0,37			
6	765	1735	0,44			x	559	1735	0,32			x
7	814	1735	0,47			x	608	1735	0,35			x
8	922	1735	0,53			x	883	1735	0,51			
9	657	1735	0,38			x	853	1735	0,49			
10	1226	1735	0,71			x	510	1735	0,29			x
Média	934	1735	0,52				693	1735	0,40			
Onde: S é a ruptura no substrato S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa A é a ruptura na argamassa F é a ruptura na peça metálica												

Tabela 1 - Apresentação dos resultados do ensaio da argamassa												
Corpo-de prova nº	Carga N	Seção mm²	Tensão Mpa	Forma de Ruptura			Carga N	Seção mm²	Tensão Mpa	Forma de Ruptura		
				S	S/A	A				F	S	S/A
1	1177	1735	0,68			x	853	1735	0,49			x
2	941	1735	0,54			x	941	1735	0,54		x	
3	834	1735	0,48			x	706	1735	0,41			x
4	1020	1735	0,59			x	373	1735	0,21			x
5	981	1735	0,57			x	647	1735	0,37			
6	765	1735	0,44			x	559	1735	0,32			x
7	814	1735	0,47			x	608	1735	0,35			x
8	922	1735	0,53			x	883	1735	0,51			
9	657	1735	0,38			x	853	1735	0,49			
10	1226	1735	0,71			x	510	1735	0,29			x
Média	934	1735	0,52				693	1735	0,40			
Onde: S é a ruptura no substrato S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa A é a ruptura na argamassa F é a ruptura na peça metálica												

RESULTADOS ABNT NBR 15258:2005 2º DIA												
CONCRETO							BLOCO CERÂMICO					
FORMA DE RUPTURA DOS CORPOS-DE-PROVA												
Tabela 1 - Apresentação dos resultados do ensaio da argamassa												
Corpo-de prova nº	Carga N	Seção mm²	Tensão Mpa	Forma de Ruptura			Carga N	Seção mm²	Tensão Mpa	Forma de Ruptura		
				S	S/A	A				F	S	S/A
1	647	1735	0,37			x	284	1735	0,16			x
2	824	1735	0,47			x	177	1735	0,10			x
3	961	1735	0,55			x	304	1735	0,18			x
4	912	1735	0,53			x	324	1735	0,19			x
5	843	1735	0,49			x	314	1735	0,18			x
6	981	1735	0,57			x	230	1735	0,13			x
7	902	1735	0,52		x		324	1735	0,19			x
8	716	1735	0,41			x	245	1735	0,14			x
9	912	1735	0,53			x	245	1735	0,14			x
10	1059	1735	0,61			x	226	1735	0,13			x
Média	876	1735	0,50				267	1735	0,15			
Onde: S é a ruptura no substrato S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa A é a ruptura na argamassa F é a ruptura na peça metálica												

Tabela 1 - Apresentação dos resultados do ensaio da argamassa												
Corpo-de prova nº	Carga N	Seção mm²	Tensão Mpa	Forma de Ruptura			Carga N	Seção mm²	Tensão Mpa	Forma de Ruptura		
				S	S/A	A				F	S	S/A
1	647	1735	0,37			x	284	1735	0,16			x
2	824	1735	0,47			x	177	1735	0,10			x
3	961	1735	0,55			x	304	1735	0,18			x
4	912	1735	0,53			x	324	1735	0,19			x
5	843	1735	0,49			x	314	1735	0,18			x
6	981	1735	0,57			x	230	1735	0,13			x
7	902	1735	0,52		x		324	1735	0,19			x
8	716	1735	0,41			x	245	1735	0,14			x
9	912	1735	0,53			x	245	1735	0,14			x
10	1059	1735	0,61			x	226	1735	0,13			x
Média	876	1735	0,50				267	1735	0,15			
Onde: S é a ruptura no substrato S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa A é a ruptura na argamassa F é a ruptura na peça metálica												

RESULTADOS ABNT NBR 15258:2005 1º DIA													
CONCRETO													
FORMA DE RUPTURA DOS CORPOS-DE-PROVA													
Tabela 1 - Apresentação dos resultados do ensaio da argamassa													
Corpo-de prova nº	Carga N	Seção mm²	Tensão Mpa	Forma de Ruptura									
				S	S/A	A	F						
1	932	1735	0,54				x						
2	843	1735	0,49					x					
3	1157	1735	0,67					x					
4	461	1735	0,27				x						
5	1157	1735	0,67					x					
6	775	1735	0,45				x						
7	481	1735	0,28						x				
8	1040	1735	0,60						x				
9	1000	1735	0,58						x				
10	765	1735	0,44				x						
Média	861	1735	0,51										
Onde:													
S é a ruptura no substrato													
S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa													
A é a ruptura na argamassa													
F é a ruptura na peça metálica													

BLOCO CERÂMICO													
FORMA DE RUPTURA DOS CORPOS-DE-PROVA													
Tabela 1 - Apresentação dos resultados do ensaio da argamassa													
Corpo-de prova nº	Carga N	Seção mm²	Tensão Mpa	Forma de Ruptura									
				S	S/A	A	F						
1	559	1735	0,32				x						
2	892	1735	0,51					x					
3	677	1735	0,39	x									
4	657	1735	0,38				x						
5	657	1735	0,38	x									
6	922	1735	0,53				x						
7	1010	1735	0,58					x					
8	696	1735	0,40					x					
9	716	1735	0,41					x					
10	1040	1735	0,60	x									
Média	783	1735	0,43										
Onde:													
S é a ruptura no substrato													
S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa													
A é a ruptura na argamassa													
F é a ruptura na peça metálica													

AN

ANEXO 4