

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ANDERSON DUQUE DE BASTOS PEREIRA

LÍVIA MARIA SILVA FERREIRA BASTOS

**ESTUDO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA DA
ARGAMASSA EM SUBSTRATO PREPARADO COM
SOLUÇÃO DE CAL, SIMULANDO CONDIÇÕES DE OBRA**

ANÁPOLIS / GO: 2015

ANDERSON DUQUE DE BASTOS PEREIRA

LÍVIA MARIA SILVA FERREIRA BASTOS

**ESTUDO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA DA
ARGAMASSA EM SUBSTRATO PREPARADO COM
SOLUÇÃO DE CAL, SIMULANDO CONDIÇÕES DE OBRA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADOR: PROF. ESP. AGNALDO ANTÔNIO
MOREIRA TEODORO DA SILVA**

ANÁPOLIS / GO: 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

PEREIRA, ANDERSON DUQUE DE BASTOS
BASTOS, LÍVIA MARIA SILVA FERREIRA

Estudo da resistência de aderência da argamassa em substrato preparado com solução de cal, simulando condições de obra 2015

74P , 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2015).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|------------------|--------------------|
| 1. Introdução | 2. Argamassa |
| 3. Revestimentos | 4. Aderência |
| I. ENC/UNI | II. Título (Série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PEREIRA, A. D. B.; BASTOS, L.M.S.F. Estudo da resistência de aderência da argamassa em substrato preparado com solução de cal, simulando condições de obra. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 74p. 2015.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Anderson Duque de Bastos Pereira/ Lívia Maria Silva Ferreira Bastos

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo da resistência de aderência da argamassa em substrato preparado com solução de cal, simulando condições de obra.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2015

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

**ANDERSON DUQUE DE BASTOS PEREIRA
LÍVIA MARIA SILVA FERREIRA BASTOS**

**ESTUDO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA DA
ARGAMASSA EM SUBSTRATO PREPARADO COM
SOLUÇÃO DE CAL, SIMULANDO CONDIÇÕES DE OBRA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

APROVADO POR:

**PROF. AGNALDO ANTÔNIO M. T. DA SILVA, Especialista (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)**

**PROF. EDSON NISHI, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**MARY HELEN DA COSTA MONTEIRO, Mestra (UniEvangélica)
(EXAMINADORA INTERNA)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 27 de maio de 2015.

Aos nossos filhos Gustavo e Maria Fernanda

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois sem Ele esta etapa não seria cumprida.

Aos nossos filhos, Gustavo e Maria Fernanda, por terem sido tolerantes durante este longo período em que muitas vezes estivemos ausentes.

Aos nossos pais pelo incentivo, apoio incondicional e por sempre acreditarem que seríamos capazes de vencer mais esta etapa.

Ao Professor Especialista Aguinaldo Antônio Moreira Teodoro pelo empenho, dedicação e apoio na elaboração deste trabalho.

Ao Laboratório de Materiais da UniEvangélica, onde foram realizados alguns ensaios.

Ao Laboratório Carlos Campos e seus funcionários que contribuíram em um teste realizado.

Aos meus colegas e outras pessoas que diretamente ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A inovação do ramo da construção civil tem ocorrido de forma acelerada e com isso uma grande quantidade de novos materiais tem sido lançados no mercado devido a necessidade de produtos que assegurem menor custo e bom desempenho. Este trabalho foi realizado a partir de ensaios realizados no intuito de analisar a resistência de aderência dos revestimentos de argamassa mista quando aplicados em substrato cerâmico preparados com chapisco convencional e três tipos de solução de cal. De forma geral, verificou-se que a resistência de aderência é afetada pelo tipo de tratamento da base aplicada na alvenaria. A utilização de solução de cal na preparação da base apresentou bons resultados de resistência de aderência assim como um menor custo de aplicação.

Palavras-chaves: Argamassa. Revestimento. Aderência. Substrato. Resistência.

ABSTRACT

Innovation in the construction industry has been accelerated and with it a lot of new materials has been launched in the market due to the need for products that provide lower cost and good performance. This work was carried out from trials conducted in order to examine the adhesive strength of the mixed mortar coatings when applied to ceramic substrate prepared with conventional slurry mortar and three types of lime solution. In general, it was found that the adhesive strength is affected by the type of treatment applied to the base masonry. The use of lime solution of the base in the preparation exhibited good bond strength results, as well as lower cost of application.

Keywords: Mortar. Coating. Adherence. Substrate. Resistance.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Espessura para revestimentos de argamassa.....	20
Tabela 2 - Exigências mecânicas e reológicas para argamassas.....	30
Tabela 3 - Caracterização do Cimento Portland.....	36
Tabela 4 - Caracterização da Cal CH III utilizada no ensaio, conforme o fabricante.....	37
Tabela 5 - Classificação das areias quanto ao módulo de finura (MF)	41
Tabela 6 - Dados da granulometria e módulo de finura do agregado (areia lavada)	42
Tabela 7 - Caracterização da massa específica do agregado miúdo (areia lavada).....	43
Tabela 8 - Resultados do Teor de Umidade Superficial do Agregado Miúdo	44
Tabela 9 - Caracterização da Massa Unitária Solta dos Agregados Miúdos.....	45
Tabela 10 - Massa mínima de Ensaio (por amostra)	46
Tabela 11 - Caracterização do teor de material pulverulento	47
Tabela 12 - Caracterização da Argamassa no Estado Fresco	48
Tabela 13 - Capacidade de Retenção de Água	49
Tabela 14 - Caracterização quanto à resistência à compressão	50
Tabela 15 - Resistência média de aderência à tração aos 28 dias de idade nos revestimentos aplicados sobre bloco cerâmico preparado com chapisco convencional.....	53
Tabela 16 - Resistência média de aderência à tração aos 28 dias de idade nos revestimentos aplicados sobre bloco cerâmico preparado com solução de cal 1%	54
Tabela 17 - Resistência média de aderência à tração aos 28 dias de idade nos revestimentos aplicados sobre bloco cerâmico preparado com solução de cal 2%	55
Tabela 18 - Resistência média de aderência à tração aos 28 dias de idade nos revestimentos aplicados sobre bloco cerâmico preparado com solução de cal 3%	56
Tabela 19 - Limites de resistência de aderência à tração para emboço e camada única	57
Tabela 20 - Granulometria do agregado miúdo.....	66
Tabela 22 - Caracterização da massa específica do agregado	67
Tabela 23 - Caracterização da Umidade do agregado método de Chapman	67
Tabela 24 - Caracterização da Massa Unitária Agregado Método do Fogareiro	67
Tabela 25 - Caracterização da Massa Unitária do Agregado	67
Tabela 26 - Caracterização do Teor de Material Pulverulento do Agregado	68
Tabela 27 - Produção de revestimento de argamassa mista 1:1:6 aplicada sobre chapisco convencional.....	69
Tabela 28 - Produção de revestimento de argamassa mista 1:1:6 aplicada sobre solução de cal 1%	69

Tabela 29 - Produção de revestimento de argamassa mista 1:1:6 aplicada sobre solução de cal 2% 70

Tabela 30 - Produção de revestimento de argamassa mista 1:1:6 aplicada sobre solução de cal 3% 70

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Corpos de prova.....	40
Figura 2 - Jogo de peneiras e agitador mecânico utilizado no ensaio.....	41
Figura 3 - Determinação de materiais pulverulentos da areia lavada.....	47
Figura 4 - Comparação da solução padrão com a solução de areia lavada	47
Figura 5 - Resultado obtido no teste de resistência à compressão.....	50
Figura 6 - Aparelho utilizado no teste de resistência à tração	51
Figura 7 - Retirada dos corpos de prova da argamassa utilizada como revestimento para ensaio de aderência à tração	52
Figura 8 - Execução do ensaio de resistência de aderência à tração	52
Figura 9 - Resultados das resistências médias de aderência à tração quanto à forma de ruptura para chapisco convencional	54
Figura 10 - Resultados das resistências médias de aderência à tração quanto à forma de ruptura para solução de cal 1%	55
Figura 11 - Resultados das resistências médias de aderência à tração quanto à forma de ruptura para solução de cal 2%	56
Figura 12 - Resultados das resistências médias de aderência à tração quanto à forma de ruptura para solução de cal 2%	57
Figura 13 - Resultados médios obtidos no ensaio de resistência à tração em revestimentos de argamassa mista, com os limites mínimos de resistência para o uso interno e limites mínimos para uso externo	58
Figura 14 - Distribuição granulométrica do agregado miúdo.....	66

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 JUSTIFICATIVA	15
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo Geral	15
1.2.2 Objetivo Específico	16
2. REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 ARGAMASSA	17
2.2 REVESTIMENTO DE ARGAMASSA	18
2.3 FUNÇÃO DO REVESTIMENTO	18
2.4 MATERIAIS CONSTITUINTES	20
2.4.1 Cimento Portland	21
2.4.2 Areia	21
2.4.3 Cal.....	22
2.4.4 Água	22
2.5 MECANISMOS DE ADERÊNCIA ENTRE ARGAMASSA E SUBSTRATO	23
2.6 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS	24
2.6.1 Propriedades no estado fresco	24
2.6.1.1 Consistência.....	24
2.6.1.2 Trabalhabilidade	24
2.6.1.3 Retenção de Água	24
2.6.1.4 Coesão e Tixotropia	25
2.6.1.5 Plasticidade	25
2.6.1.6 Massa Específica e Teor de Ar Incorporado	26
2.6.1.7 Adesão Inicial	26
2.6.2 Propriedades no estado endurecido	27
2.6.2.1 Aderência.....	27
2.6.2.2 Capacidade de Absorção de Deformações e Elasticidade	28
2.6.2.3 Retração	28
2.6.2.4 Permeabilidade	29
2.6.2.5 Resistência Mecânica	29
2.6.2.6 Durabilidade	30

2.7 BASE OU SUBSTRATO.....	31
2.8 CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES DO SUBSTRATO	31
2.8.1 Natureza e tratamento da base.....	31
2.8.2 Porosidade	32
2.8.3 Sucção e Absorção de Água Capilar.....	32
2.8.4 Textura Superficial (Rugosidade da Base).....	33
2.9 PREPARO DA BASE	33
2.9.1 Emboço.....	33
2.9.2 Reboco.....	34
2.9.3 Chapisco	34
2.9.4 Preparo da base utilizando solução de Cal.....	34
3. MATERIAL E MÉTODOS	36
3.1 MATERIAIS	36
3.1.1 Cimento.....	36
3.1.2 Areia.....	36
3.1.3 Cal.....	37
3.1.4 Bloco cerâmico	37
3.2 METODOLOGIA APLICADA	37
3.2.1 Processo de Produção de Mão de Obra	38
3.2.2 Tipo de Revestimento	38
3.2.3 Preparo da Base ou Substrato	38
3.2.4 Idade de Avaliação dos Revestimentos	39
4. ANÁLISE DE RESULTADOS.....	40
4.1 PROCEDIMENTOS E ENSAIOS REALIZADOS	40
4.2 Análise Granulométrica e Modo de Finura dos Agregados Miúdos	40
4.2.1 Massa Específica.....	42
4.2.2 Umidade Superficial.....	43
4.2.3 Massa Unitária.....	45
4.2.4 Materiais Pulverulentos	46
4.2.5 Impurezas Orgânicas em Agregado.....	47
4.3 Análise da Argamassa no Estado Fresco	48
4.3.1 Análise e Retenção de Água.....	48
4.4 ANÁLISE DA ARGAMASSA NO ENDURECIDO	49

4.4.1 Ensaio de Resistência à Compressão.....	49
4.4.2 Análise da Resistência de Aderência à Tração	50
4.4.3 Análise das Rupturas da Argamassa de Revestimento	53
5. CONCLUSÕES	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
APÊNDICES	65
APÊNDICE A - PROCEDÊNCIA DOS MATERIAIS	65
APÊNDICE B - CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS MIÚDOS.....	66
APÊNDICE C - CUSTOS DOS REVESTIMENTOS	69
ANEXOS	71
ANEXO A - RESULTADOS DO ENSAIO DAS RESISTÊNCIAS DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO.....	71

1 INTRODUÇÃO

O mercado construtor pode ser considerado um dos mais dinâmicos atualmente. Este fato traz consigo maiores exigências em treinamentos e qualificações para suprir as demandas do mercado.

Garantir mão de obra qualificada, produtos de boa qualidade e bom desempenho da obra é uma forma de evitar o aparecimento de patologias indesejáveis nas edificações, aumentando sua vida útil e evitando maiores transtornos e gastos financeiros.

Os revestimentos de argamassa são muito utilizados na construção civil e têm apresentado inúmeras patologias relacionadas à sua capacidade de aderência. A durabilidade deste tipo de revestimento está muitas vezes relacionada aos tipos de materiais utilizados nos substratos aplicados. Assim sendo, este trabalho visa o estudo da preparação de três tipos de soluções de cal aplicadas no substrato, que comparadas ao chapisco convencional, permitirá uma análise sobre a resistência de aderência da argamassa.

“Os revestimentos de argamassa são amplamente utilizados nas construções como uma camada protetora da estrutura e da alvenaria, conferindo, além da proteção, o embelezamento, a estanqueidade e, sobretudo, conforto aos usuários das edificações”. (SCARTEZINI, 2002,)

Segundo Angelim (2002), no Brasil, os revestimentos de argamassa são os mais usados, tanto para revestimento interno como externo. O volume de argamassa de assentamento e revestimento empregado na construção aproxima-se ao de concreto estrutural.

Scartezini (2002) diz que a aderência entre os revestimentos de argamassa e substratos porosos é conhecida por seu caráter mecânico, ou seja, pela penetração dos materiais aglomerantes nos poros cavidades da base.

A NBR 13529 (ABNT, 1995) define base ou substrato como sendo parede ou teto constituído por material inorgânico, não metálico, sobre os quais o revestimento é aplicado.

De acordo com Scartezini (2002), um pré-tratamento da base para aumentar a superfície de contato e regularizar a absorção de água são formas de melhorar a aderência deste tipo de revestimento.

Na maioria das edificações pode-se destacar como substrato utilizado o chapisco convencional, porém novas alternativas podem ser implantadas, como por exemplo, o substrato de solução de cal hidratada.

A utilização de solução de cal aspergida sobre a superfície do bloco cerâmico pode ser uma alternativa não só para melhoramento na aderência da argamassa de revestimento,

mas também uma possibilidade de diminuição de custos na aplicação deste material (SILVA, 2005).

1.1 JUSTIFICATIVA

A preparação da alvenaria utilizando soluções de cal permite uma comparação na resistência de aderência da argamassa de revestimento quando comparada ao seu emprego utilizando como substrato o chapisco convencional.

Scartezini (2002) bem como Scartezini e Carasec (2003) relatam estudos a partir da preparação de blocos cerâmicos com solução de cal. Estes estudos evidenciaram a melhora no valor da resistência de aderência a tração dos revestimentos de argamassa empregados sobre a base.

Silva (2005) realizou ensaios comparativos sobre a resistência de aderência de argamassa de revestimento em blocos cerâmicos. Seus ensaios foram realizados com aplicação de revestimento de argamassa diretamente no bloco cerâmico, no chapisco convencional e em solução de cal 1%. Porém surgiram dúvidas em relação aos seus resultados quando comparados aos de Scartezini (2003) e Scartezini e Carasec (2003), já que a resistência destes foi bastante superior aos de Silva (2005). Assim, surgiram dúvidas em relação à forma de aplicação da solução de cal no substrato, já que Silva relatou que em seu caso esta aplicação foi realizada fora dos padrões para usados soluções de cal.

Nestes estudos utilizaremos três tipos de substrato: chapisco convencional, solução de cal 1%, solução de cal 2% e solução de cal 3%. A partir dos resultados obtidos da análise da forma de aplicação das soluções no substrato, das suas propriedades e de seus desempenhos, poderemos realizar a comparação com os demais casos relatados anteriormente e verificar qual o melhor substrato para a aplicação deste tipo de revestimento.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho visa o estudo analítico comparativo da resistência de aderência da argamassa de revestimento aplicada em blocos cerâmicos utilizando como substrato soluções de cal em substituição ao chapisco convencional.

1.2.2 Objetivo Específico

- Aplicar argamassa de revestimento (1:1:6) no substrato preparado com chapisco convencional e solução de cal 1%, 2% e 3%;
- Avaliar a forma de aplicação destas soluções no substrato;
- Avaliar a resistência de aderência da argamassa assentada no substrato aspergido por chapisco convencional e por solução de cal 1%, 2% e 3%;
- Comparar cada um destes valores de resistência de aderência da argamassa obtidos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Conhecer os materiais, avaliar as propriedades do substrato, das argamassas e revestimentos e ter capacidade para avaliar a interação entre argamassa e substrato são preceitos básicos para se construir revestimentos eficientes e duráveis. Assim sendo, surge uma necessidade da construção civil por novas metodologias de controle de procedimentos e materiais alternativos, visando uma melhoria da qualidade e a redução dos custos das edificações. (PEREIRA ET AL, 2005).

2.1 ARGAMASSA

Para a NBR 13529 (ABNT, 1995), a argamassa de revestimento é uma “mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições com propriedades de aderência e endurecimento”.

Segundo Ceotto et al. (2005), independente da forma escolhida para produção da argamassa, deve-se fazer um estudo detalhado de todos os fatores que podem intervir na sua qualidade e produtividade.

A NBR 13529 (ABNT, 1995) classifica as argamassas de acordo com o seu preparo da seguinte maneira:

- Argamassa preparada na central: argamassa simples ou mista, cujos materiais constituintes são medidos em massa;
- Preparada em obra: argamassa simples ou mista, cujos materiais constituintes são medidos em volume ou massa e misturados na própria obra;
- Industrializada: produto proveniente da dosagem controlada em instalação própria, de aglomerantes de origem mineral, agregado(s) miúdo(s) e, eventualmente, aditivo(s) e adição (ões) em estado seco e homogêneo, ao qual o usuário somente necessita adicionar a quantidade de água requerida.
- Mistura semi-pronta para argamassa: mistura fornecida ensacada ou a granel, cujo preparo é completado em obra, por adição de aglomerantes e, eventualmente, aditivo.

2.2 REVESTIMENTO ARGAMASSA

De acordo com a NBR 13529 (ABNT, 1995), revestimento de argamassa é o cobrimento com uma ou mais camadas superpostas de argamassa, apto a receber acabamento decorativo ou constituir-se em acabamento final.

De acordo com a NBR 13749 (ABNT, 1996), as argamassas empregadas em revestimentos devem satisfazer as seguintes condições:

- Ser compatível com o acabamento decorativo (pintura, papel de parede, revestimento cerâmico e outros);
- Ter resistência mecânica decrescente ou uniforme, a partir da primeira camada em contato com a base, sem comprometer a sua durabilidade ou o acabamento final;
- Ser constituído por uma ou mais camadas superpostas de argamassas contínuas e uniformes;
- Ter propriedade hidrofugante, em caso de revestimento externo de argamassa aparente, sem pintura e base porosa. No caso de não se empregar argamassa hidrofugante, devem ser executadas pinturas específicas para este fim;
- Ter capacidade impermeabilizante, em caso de revestimento externo de superfícies em contato com o solo;
- Resistir à ação de variações normais de temperatura e umidade do meio, quando externos.

Para Silva (2005), as camadas de argamassa denominam-se:

- Chapisco: É um procedimento de preparação da base com a finalidade de melhorar as condições de aderência da primeira camada de revestimento ao substrato.
- Emboço: Camada aplicada sobre a base chapiscada (ou não) que tem como finalidade de regularização da superfície da alvenaria.
- Reboco: É aplicada sobre o emboço, sendo considerada a camada de acabamento dos revestimentos de argamassa.

2.3 FUNÇÃO DO REVESTIMENTO

A função dos revestimentos de argamassa, segundo Santos (2008) é a de auxiliar as vedações no cumprimento das suas funções, protegê-las da ação direta dos agentes agressivos,

regularizar a superfície dos elementos de vedação, servir de base para a aplicação de outros revestimentos ou constituir-se no acabamento final.

Segundo Ribeiro et al. (2011) a finalidade das argamassas de revestimento é aprimorar o acabamento e aumentar o conforto termo acústico de uma edificação.

Zulian et al (2002) afirma que os revestimentos utilizados na construção civil são materiais que conferem proteção e acabamento às superfícies de uma edificação. São conhecidos três tipos de revestimentos:

- Revestimento de parede;
- Revestimento de piso;
- Revestimentos de tetos ou forros

Zulian et al. (2002) relata que os revestimentos de argamassa têm como funções principais:

- Regularizar e uniformizar as superfícies, a fim de corrigir suas irregularidades;
- Atuar como camada de proteção contra infiltrações de águas de chuvas em ambientes externos.

As argamassas de revestimento devem ser elaboradas e produzidas para atender às exigências das propriedades necessárias, tanto no estado fresco quanto no endurecido a fim de assegurar o bom desempenho, qualidade e durabilidade (SANTOS; 2008).

Para Santos (2008), uma argamassa de qualidade deve ser elaborada e produzida para obter o melhor desempenho e durabilidade, tendo como enfoque as seguintes propriedades:

- Plasticidade;
- Aderência no estado fresco e endurecido;
- Ausência de fissuras;
- Resistência à abrasão e compressão, etc.

De acordo com a NBR 7200 (ABNT, 1998) os procedimentos de execução de revestimentos de paredes e tetos devem seguir os seguintes procedimentos:

- Preparo e aplicação dos diversos tipos de argamassas inorgânicas;
- Preparo da base de revestimento;
- Acondicionamento das argamassas;
- Cuidados de aplicação.

Os revestimentos de argamassa são utilizados como uma camada protetora da estrutura e da alvenaria, onde a sua falta ou perda de aderência conduz a prejuízos econômicos e prejuízos quanto à habitabilidade (SCARTEZINNI & CARASEK, 2003).

Para Pereira et al. (2005), os preceitos básicos para se construir revestimentos eficientes são:

- Conhecer os materiais;
- Avaliar as propriedades dos substratos, argamassas e revestimentos;
- Avaliar a interação estabelecida entre a argamassa e o substrato.

Para Franco e Candia (1998), os revestimentos não devem apresentar fissuras, devem ser suficientemente densos e a sua aderência ao substrato deve ser boa e durável.

Ioppi (2005) diz que o desempenho dos revestimentos de argamassa está relacionado dentre outras propriedades, à sua aderência e à sua durabilidade, o que está diretamente relacionado às suas condições de aderência na base.

A NBR 13749 (ABNT, 1996) diz que o revestimento de argamassa deve apresentar textura uniforme, sem imperfeições, tais como cavidades, fissuras, manchas e eflorescência, devendo ser prevista na especificação do projeto a aceitação ou rejeição, conforme níveis de tolerância admitidos. No quadro 1. Estão as especificações para espessura da argamassa.

Tabela 1 – Espessura para revestimentos de argamassa (mm)

REVESTIMENTO	ESPESSURA
Parede Interna	$5 \leq e \leq 20$
Parede Externa	$20 \leq e \leq 30$
Tetos Internos e externos	$e \leq 20$

Fonte: NBR 13749 (ABNT, 1996)

Os fatores que influenciam na durabilidade das argamassas estão relacionados ao seu comportamento face à presença de água e sais solúveis, à porosidade, à retração, às resistências mecânicas, à aderência e às características deste tipo de revestimento no seu estado fresco (CARASEK ET AL., 2001).

2.4 MATERIAIS CONSTITUINTES

Ribeiro et al. (2011) relata que os aglomerantes utilizados nas argamassas são materiais pulverulentos que se hidratam em presença de água formando uma pasta resistente capaz de aglutinar agregados, dando origem a argamassas e concretos. Os aglomerantes mais utilizados na construção civil são o cimento, a cal e água.

2.4.1 Cimento Portland

Ribeiro et al. (2001) define Cimento Portland, como um pó fino acinzentado, constituído de silicatos e aluminatos de cálcio caracterizado por sua maleabilidade quando misturado com água e sua elevada resistência mecânica.

A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2002) define o cimento Portland como um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes que endurece sob a ação de água e depois de endurecido, mesmo que seja submetido à ação da água, não se decompõe mais.

Como composto da argamassa, o tipo e as características físicas do cimento podem influenciar nos valores de aderência da mesma. Um dos parâmetros mais significativos na resistência é a finura do cimento, pois quanto mais fino o cimento maior a resistência de aderência obtida (CARASEK; CASCUDO, SCARTEZINI; 2001).

2.4.2 Areia

Como composto da argamassa, o tipo e as características físicas do cimento podem influenciar nos valores de aderência da mesma. Um dos parâmetros mais significativos na resistência é a finura do cimento, pois quanto mais fino o cimento maior a resistência de aderência obtida (CARASEK; CASCUDO, SCARTEZINI; 2001).

De acordo com a NBR 7225 (ABNT, 1993), agregado é o material natural de propriedades adequadas ou obtido por fragmentação artificial de pedra, de dimensão nominal máxima inferior a 100 mm e de dimensão nominal mínima igual ou superior a 0,075 mm. Os dois tipos de agregados apresentados pela norma são o agregado graúdo e o agregado miúdo, e areia é considerada um agregado miúdo.

A NBR 7211 (ABNT, 2009) classifica agregado miúdo como aquele que possui dimensão nominal máxima inferior a 2,0mm e dimensão nominal mínima igual ou superior a 0,075mm.

Para Angelim et al (2002), a distribuição granulométrica da areia interfere na trabalhabilidade da argamassa, no consumo de aglomerantes e água e no revestimento acabado, exercendo influência na fissuração, rugosidade, permeabilidade e resistência de aderência.

Para Agostinho (2008), os agregados são constituintes inertes utilizados na formulação das argamassas, atribuindo a estas a capacidade de retração. A utilização deste material contribui para a resistência mecânica e durabilidade das argamassas.

2.4.3 Cal

A cal é um aglomerante derivado da rocha calcária, constituído por carbonatos de cálcio (CaCO_3), utilizados em grande escala na preparação de argamassas de revestimento e assentamento devido à trabalhabilidade e durabilidade que oferece (RIBEIRO ET AL, 2001).

A cal é um material aglomerante e possui importantes propriedades plastificantes e de retenção de água devido a sua finura. Assim sendo, as argamassas contendo cal preenchem mais facilmente e de maneira mais completa toda a superfície do substrato, propiciando maior extensão de aderência (CARASEK; CASCUDO; SCARTEZINI; 2001).

Devido às reações de carbonatação, a cal atua aumentando a resistência mecânica e a dureza superficial do revestimento de argamassa, diminuindo a sua absorção e a sua permeabilidade (ANGELIM, 2002).

Este processo de carbonatação da cal, conhecido como restabelecimento e reconstituição autógena, representa uma das vantagens do uso desse aglomerante nas argamassas de revestimento e assentamento (CARASEK; CASCUDO; SCARTEZINI; 2001).

2.4.4 Água

A utilização de água nas argamassas é determinante para desencadear as condições necessárias para estes materiais adquirir propriedades aglutinantes. A quantidade de água utilizada na produção das argamassas condiciona sua consistência, o processo de endurecimento, a aderência ao suporte, as características no estado endurecido e a qualidade final dos revestimentos (AGOSTINHO, 2008).

Segundo Carasek et al. (2001), a água é um ingrediente essencial na argamassa e possui duas funções primordiais:

- Possibilita que a mistura seja trabalhável por ser o único líquido;
- Combina-se quimicamente com os aglomerantes proporcionando o endurecimento e a resistência da argamassa.

2.5 MECANISMOS DE ADERÊNCIA ENTRE ARGAMASSA E SUBSTRATO

O mecanismo de aderência entre os revestimentos de argamassa e substratos porosos é conhecido por seu caráter essencialmente mecânico, ocorrendo através da penetração dos materiais aglomerantes nos poros da cavidade da base (SCARTEZINI ET AL., 2002).

Carasek et al. (2001) definiu a aderência das argamassas como sendo a resistência e a extensão do contato entre o revestimento e a cavidade porosa, o substrato.

Para Silva (2005), fatores como condições da base, porosidade e a absorção de água, resistência mecânica, textura superficial e condições de execução do revestimento influenciam significativamente na aderência do revestimento de argamassa.

Dentre os principais responsáveis pelo desempenho dos revestimentos, pode-se considerar as características das argamassas quando em contato com o substrato poroso. Esta relação substrato/argamassa pode influenciar em diversos problemas nestes revestimentos (retração, fissuração, deslocamento, manchamento, etc.) (PAES ET AL, 2005).

Carasek et al. (2001), afirma que a aderência é o resultado da junção de três propriedades existentes entre argamassa e substrato:

- Resistência de aderência à tração;
- Resistência de aderência ao cisalhamento
- Extensão de aderência, sendo esta a razão entre a área de contato efetiva e a área total possível de ser unida.

De acordo com Scartezini (2002), a união entre a resistência de aderência ao cisalhamento e a extensão de aderência (razão entre a área de contato efetivo e a área total possível de ser unida) resulta na aderência entre argamassa e substrato.

Carasek et al. (2001) aponta em seu trabalho inúmeros autores que relataram que a argamassa estando em seu estado plástico, ao entrar em contato com a base absorvente, faz com que parte da água de amassamento que contém em dissolução ou estado coloidal componentes do aglomerante, penetre pelos poros e cavidades da base de forma que ocorra no interior destes a precipitação de produtos de hidratação do cimento e da cal. Após algum tempo, com a cura esses precipitados exercem a ação de ancoragem da argamassa à base.

2.6 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS

2.6.1 Propriedades no estado fresco

2.6.1.1 Consistência

Cincotto et al. (1995) define a consistência da argamassa como a propriedade em que esta possui, de resistir às deformações quando se encontra no seu estado fresco. Desta forma podem ser classificadas, de acordo com sua consistência da seguinte forma:

- Secas: a pasta preenche os vazios entre os grãos;
- Plásticas: a pasta forma uma fina película e atua como lubrificante na superfície dos grãos dos agregados;
- Fluidas: os grãos ficam imersos na pasta

A consistência da argamassa é determinada pela quantidade de água, sendo influenciada por fatores como relação água/ aglomerante, relação aglomerante/ areia, granulometria da areia, natureza e qualidade do aglomerante (DIAS, 2006).

2.6.1.2 Trabalhabilidade

Trabalhabilidade é a combinação de características das argamassas relacionadas com a coesão, consistência, plasticidade, viscosidade, adesividade e massa específica (SANTOS, 2008).

Carasek (2007) define trabalhabilidade como a propriedade da argamassa em seu estado fresco que determina a forma como ela pode ser manuseada. A trabalhabilidade é uma propriedade resultante da ligação de diversas outras propriedades como a consistência, plasticidade, retenção de água, coesão, exsudação, densidade de massa e adesão inicial.

A trabalhabilidade da argamassa de revestimento sofre influencia do teor de ar, natureza e teor de aglomerante e da intensidade da sua mistura (SANTANA, 2010).

2.6.1.3 Retenção de Água

“A retenção de água é a capacidade que a argamassa apresenta de reter a água de amassamento contra a sucção da base e contra a evaporação, A retenção permite que as

reações de endurecimento da argamassa se tornem mais gradativa, promovendo a adequada hidratação do cimento e consequente ganho de resistência” (SABBATINI ET AL., 1998).

A retenção de água da argamassa, em seu estado fresco, é a sua capacidade de manter sua consistência ou trabalhabilidade quando sujeita às solicitações que provocam perda de água por evaporação, sucção ou absorção (SANTANA, 2010).

O autor continua, afirmando que esta propriedade é de suma importância devido aos seguintes fatores:

- Todo o processo de aplicação, regularização e desempenho da camada de revestimento depende do tempo de retenção de água da argamassa;
- A retenção de água interfere no estado endurecido da argamassa, já que influencia as condições de hidratação do cimento e a reação de carbonatação da cal, responsáveis pela reação química no processo de endurecimento da argamassa.

2.6.1.4 Coesão e Tixotropia

A coesão da argamassa corresponde às forças físicas de atração existentes entre as partículas sólidas da argamassa e as ligações químicas da pasta aglomerante (SANTANA, 2010).

A tixotropia trata das transformações isotérmicas reversíveis, do estado sólido para o estado gel. O estado de gel das argamassas corresponde à massa coesiva de aglomerante na pasta, a qual se torna mais densa após a hidratação (SANTANA, 2010).

2.6.1.5 Plasticidade

Plasticidade é a propriedade pela qual a argamassa no estado fresco tende a conservar-se deformada após a redução das tensões de transformação (DIAS, 2006).

Carasek et al. (2005) determina que a plasticidade adequada para a argamassa se determina de acordo com a sua finalidade e forma de aplicação. Para isso é necessário uma quantidade adequada de água que proporcionará uma consistência adequada, de acordo com a natureza dos materiais.

Após a redução do esforço de deformação aplicado sobre a argamassa, esta tende a reter a deformação, a este mecanismo dá-se o nome de plasticidade (SANTANA, 2010).

2.6.1.6 Massa Específica e Teor de Ar Incorporado

Massa específica é a relação entre a massa de argamassa e seu volume, podendo ser relativa ou absoluta. Para determinar a massa específica absoluta não são considerados os vazios existentes no volume do material e para determinar a massa específica relativa (massa unitária) consideram-se os vazios presentes (MACIEL ET AL., 1998).

O teor de ar incorporado é a quantidade de ar existente em certo volume de argamassa. Esse teor de ar influencia a massa específica, já que o aumento do teor de ar incorporado diminui a massa específica da argamassa (MACIEL ET AL., 1998).

A massa específica da argamassa varia, principalmente, com o teor de ar incorporado por meio de seus aditivos e com a massa específica dos seus materiais constituintes (preferencialmente os agregados). Quanto mais leve for a argamassa, maior será a sua trabalhabilidade em longo prazo, o que diminui esforço em sua aplicação e resulta uma maior produtividade (CARASEK, 2007).

2.6.1.7 Adesão Inicial

Para Santos (2008), adesão inicial é a capacidade da argamassa de ancorar na superfície da base através da penetração da pasta nos poros, reentrâncias e saliências seguidos do endurecimento gradativo da pasta.

Ioppi (1995) definiu a adesão inicial da argamassa como sendo a propriedade que a argamassa fresca de revestimento possui de permanecer adequadamente unida à base de aplicação após o seu lançamento manual ou mecânico, auxiliada por sua plasticidade e dificultada pela influência da força da gravidade.

Addleson (1986) apud Ioppi (1995) considerou que a adesão inicial dos revestimentos de argamassa ocorre por efeito de ancoragem mecânica da pasta e da argamassa nos poros e irregularidades do substrato e que a parcela devida às forças de atração entre as duas superfícies não é significativa. Desta forma, deve-se garantir:

- que a argamassa possa molhar a base, o que depende da natureza dos materiais e de fatores externos como condições de limpeza da base;
- que a argamassa permaneça úmida durante o espalhamento e execução do revestimento, para permitir melhor extensão de aderência ao logo da interface de contato.

Para garantir uma boa aderência inicial da argamassa de revestimento é necessário adotar como fator essencial a limpeza do substrato, os quais devem estar isentos de poeira, partículas soltas e gorduras (DIAS, 2006).

A adesão inicial da argamassa ao substrato é considerada a propriedade que caracterizará o comportamento futuro do conjunto substrato/revestimento quanto ao seu desempenho (CINCOTTO ET AL.; 1995).

Carasek (2007) denomina adesão inicial também como “pegajosidade”, que é a capacidade de união inicial da argamassa no estado fresco ao substrato. Esta adesão está relacionada com a tensão superficial da pasta aglomerante. A redução da tensão superficial da pasta favorece o umedecimento do substrato, reduzindo o ângulo de contato entre as partículas, propiciando maior contato físico da pasta com os grãos de agregado e também com a sua base, propiciando a adesão.

2.6.2 Propriedades no estado endurecido

2.6.2.1 Aderência

Para Maciel et al. (1998) aderência é a propriedade de o revestimento manter-se fixo ao substrato, sendo a resultante da resistência de aderência à tração, da resistência de aderência ao cisalhamento e da extensão de aderência da argamassa. Para o autor, a aderência depende:

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

“A aderência é a propriedade de adesão das argamassas influenciada pela condição superficial do substrato, pelos materiais componentes da argamassa, pela capacidade de retenção de água e pela espessura do revestimento” (SANTOS, 2008).

Carasek (2007) afirma que os seguintes fatores são determinantes na aderência da argamassa:

- situação superficial do substrato;
- materiais componentes da argamassa;
- capacidade de retenção de água;

- espessura do revestimento argamassado.

Carasek (2007) define também que a aderência da argamassa em seu estado endurecido é um fenômeno essencialmente mecânico que ocorre devido à penetração da pasta aglomerante ou da própria argamassa nos poros ou entre as rugosidades do substrato.

2.6.2.2 Capacidade de Absorção de Deformações e Elasticidade

De acordo com o Manual de Revestimentos de Argamassa (ABCP) a capacidade de absorção de deformações da argamassa é a propriedade que esta possui de absorver deformações do próprio revestimento (intrínsecas) ou da base (extrínsecas) sem sofrer rupturas, sem apresentar fissuras e sem perder a aderência. Esta propriedade é controlada pela resistência à tração e pelo módulo de deformação do revestimento.

A capacidade do revestimento de absorver deformações pode ser avaliada através do módulo da elasticidade, que pode ser obtido pelo método estático ou dinâmico, onde quanto menor o valor do módulo, maior será a capacidade de absorver deformações (DIAS, 2006).

Para Sabbatini (1984) elasticidade é a capacidade que a argamassa possui em se deformar sem apresentar ruptura, quando sujeitas a diferentes solicitações e de retornar à dimensão original inicial quando terminam essas solicitações.

Elasticidade é uma propriedade que determina a ocorrência de fissuras no revestimento e influi decisivamente sobre o grau de aderência da argamassa à base e sobre a estanqueidade da superfície e sua durabilidade (CINCOTTO ET AL., 1995).

2.6.2.3 Retração

A retração é considerada um fenômeno que ocorre pela diminuição do volume da argamassa quando há perda de água para o substrato por sucção, por evaporação ou pela reação química dos componentes dos aglomerantes (DIAS, 2006).

Um dos principais fenômenos que causam deformações de retração na argamassa é devido à perda de água por sucção da base e por evaporação. Esta retração gera tensões internas de tração, as quais o revestimento pode ter capacidade de resistir ou não, regulando o grau de fissuração nas primeiras idades. O uso de uma argamassa com menos água permite uma menor retração da mesma (Manual de Revestimentos de Argamassa, ABCP).

Os causadores da retração em argamassas são a perda rápida e acentuada da água de amassamento e as reações na hidratação dos aglomerantes, os quais provocam fissuras nos

revestimento. A grande quantidade de cimento na argamassa favorece o aparecimento de fissuras durante a secagem (SANTOS, 2008).

2.6.2.4 Permeabilidade

Sendo a argamassa um material poroso e que permite a percolação da água tanto no estado líquido como de vapor, a permeabilidade é considerada uma propriedade relativa ao conjunto base/revestimento e à passagem de água pela camada de revestimento de argamassa (MACIEL ET AL., 1998).

Para o autor, essa propriedade depende da composição e dosagem da argamassa, da técnica de execução, da espessura da camada de revestimento e do acabamento final.

2.6.2.5 Resistência Mecânica

Para Maciel et al. (1998) a propriedade dos revestimentos suportarem as ações mecânicas de diferentes naturezas, devido à abrasão superficial, ao impacto e à contração termo higroscópica denomina-se aderência mecânica. Esta propriedade aumenta com a redução da proporção de agregado na argamassa e varia inversamente com a relação água/cimento da argamassa.

“As argamassas geralmente são usadas para resistir a esforços de compressão baixos, porém podem resistir a esforços consideráveis.” (RIBEIRO ET AL., 2011).

A resistência mecânica é a capacidade dos revestimentos de suportar esforços das mais diversas naturezas, que resultam em tensões internas de tração, compressão e cisalhamento. A seguir, de acordo com o Manual de Revestimentos de Argamassas (ABCP), alguns exemplos de solicitações de resistência:

- Esforços de abrasão superficial;
- cargas de impacto;
- movimentos de contração;
- expansão dos revestimentos por efeitos de umidade.

Segundo a NBR 13281 (ABNT, 2001), para se garantir a resistência mecânica das argamassas é necessário estar em conformidade com a Tabela 2.

Tabela 2 – Exigências mecânicas e reológicas para argamassas

CARACTERÍSTICAS	IDENTIFICAÇÃO	LIMITES	MÉTODO
RESISTÊNCIA À	I	$\geq 0,1$ e $< 4,0$	
COMPRESSÃO AOS	II	$\geq 4,0$ e $\leq 8,0$	NBR 13279
28 DIAS (Mpa)	III	$> 8,0$	
CAPACIDADE DE	NORMAL	≥ 80 e ≤ 90	NBR 13277
RETENÇÃO DE	ALTA	> 90	
ÁGUA			
TEOR DE AR	a	< 8	NBR 13278
INCORPORADO	b	≥ 8 e ≤ 18	
	c	> 18	

Fonte: NBR 13281 (ABNT, 2001).

A resistência de aderência à tração e ao cisalhamento, assim como a extensão de aderência entre a argamassa e a base, é resultante da ancoragem mecânica da argamassa, nas reentrâncias e saliências macroscópicas da base, sendo influenciadas pelas características da argamassa e pela técnica de aplicação (KASMICERCZAC ET AL., 2007).

2.6.2.6 Durabilidade

Os fatores que influenciam na durabilidade das argamassas estão relacionados ao seu comportamento face à presença de água e sais solúveis, à porosidade, à retração, às resistências mecânicas, à aderência e às características deste tipo de revestimento no seu estado fresco (Carasek et al., 2001).

A durabilidade das argamassas é definida como a capacidade desta em manter suas funções com o decorrer do tempo (Manual de Revestimentos de Argamassa, ABCP).

Santos (2008) define durabilidade como a propriedade que a argamassa possui de resistir ao ataque do meio e agentes agressivos, mantendo suas características físicas e mecânicas intactas ao longo do tempo.

Maciel et al. (1998) afirma que a durabilidade é propriedade de uso do revestimento no estado endurecido e que reflete o desempenho do revestimento diante das ações do meio. Alguns fatores como fissuração, espessura excessiva, cultura e proliferação de microorganismos, qualidade das argamassas e a falta de manutenção são fatores que prejudicam a durabilidade das argamassas.

2.7 BASE OU SUBSTRATO

Base ou substrato é a parede ou teto constituído por material inorgânico, não metálico, sobre o qual o revestimento é aplicado (NBR 13529, ABNT, 1995).

A NBR 13528 (ABNT, 1995) define substrato como superfície sobre o qual está aplicado o revestimento de argamassa, podendo ser alvenaria, componente de alvenaria (blocos de tijolo) ou superfície de concreto.

Substrato é a base para aplicação das camadas de revestimento. Dentre os mais utilizados, tem-se as bases de alvenaria e as estruturas de concreto. O tipo de base ou substrato possui grande influência na qualidade final do revestimento em função da diversidade de características e textura: absorventes, impermeáveis, lisos, rugosos, rígidos e deformáveis (SANTOS, 2008).

2.8 CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES DO SUBSTRATO

As características e propriedades do substrato são de extrema importância na resistência de aderência das argamassas de revestimento (CARASEK ET AL., 2001).

Os substratos podem ser caracterizados por suas propriedades como porosidade, estrutura e distribuição dos poros, capacidade de absorção de água e textura superficial. Essas propriedades influenciam na velocidade e quantidade de água transportada da argamassa fresca para o substrato e, conseqüentemente, na alteração da microestrutura da argamassa nesta região de contato (MADEIRO, 2012).

2.8.1 Natureza e tratamento da base

A aderência da argamassa de revestimento depende dos cuidados de preparação da base e de suas características e texturas. Dentre as propriedades e características ligadas à aderência da argamassa relacionadas à natureza da base podemos citar a resistência mecânica e a capacidade de deformação.

Segundo ensaios realizados por Paes et al. (2005), a natureza da base mostra grande influência na resistência de aderência dos revestimentos de argamassa, evidenciando a influência do transporte da água argamassa fresca para o interior da base.

2.8.2 Porosidade

Carasek (1996) define porosidade como a relação entre o volume de vazios e volume total do material. Nos materiais sólidos os condutos abertos de dimensão capilar são os de maior importância no mecanismo de aderência, devido a sua capacidade de absorção de água das argamassas.

Os poros ativos são poros que possuem força capilar suficiente para exercer a ação de sucção da água. Inicialmente no sistema argamassa/substrato, os poros do substrato são na sua maioria poros ativos, pois estão vazios e possuem força capilar necessária para absorver a água da argamassa (SCARTEZINI, 2002).

Após o contato da argamassa com a base, inicia-se o processo de aderência argamassa/substrato devido ao transporte da água com produtos de hidratação do cimento contidos na massa em direção ao substrato para o interior dos poros, o que ocorre por sucção capilar. (CARASEK, 2005).

2.8.3 Sucção e Absorção de Água Capilar

O fenômeno da sucção e absorção de água é extremamente importante na determinação da aderência da argamassa ao substrato, já que a ancoragem da argamassa ao substrato ocorre nos momentos iniciais, com a absorção de parte da água de amassamento da argamassa pelos poros do substrato. (CARASEK, 1996).

É a habilidade que o substrato possui para absorver água. Isto influencia diretamente na aderência da argamassa, pois se esta possui baixa capacidade de retenção de água e é assentada em blocos de alta sucção, entrará imediatamente em um estado de rigidez dada à perda de água, perdendo a plasticidade desejada. O mesmo ocorre com argamassas porosas em sua camada de contato, o que prejudica sua aderência e estanqueidade (IOPPI, 1995).

A capacidade de absorção de água pelo substrato é a maior responsável pela perda de água da argamassa após a aplicação. Os principais tipos de base utilizados são as paredes de alvenaria e os elementos estruturais (vigas, lajes e paredes). Dentre os mais utilizados temos os blocos cerâmicos, os de concreto, os sílico-cálcários e os de concreto celular. Cada um destes possuem características distintas e peculiares que são fundamentais para promover uma aderência satisfatória entre a base e o revestimento em argamassa. (PAES ET AL., 2003).

2.8.4 Textura Superficial (Rugosidade da Base)

Ioppi (1995) afirma que a aspereza da superfície da base tem participação na resistência de aderência, sendo menor em superfícies lisas que em superfícies rugosas. Dessa forma, para promover a aderência mecânica do revestimento ao substrato, deve-se realizar o tratamento da base.

A aderência dos revestimentos de argamassa possui caráter mecânico e depende da rugosidade superficial do substrato. Quanto maior a rugosidade superficial da base, maior será a aderência entre o substrato e o revestimento. Esta aderência será ainda maior se a superfície possuir grande quantidade de poros ativos (abertos) (CANDIA, 1998).

2.9 PREPARO DA BASE

Uma das formas de melhorar a resistência de aderência entre o substrato e o revestimento é o tratamento prévio da base. Isto se deve às características superficiais da base e este pré-tratamento deve ser realizado utilizando materiais e técnicas adequadas para melhorar efetivamente as condições de aderência do revestimento (CANDIA, 1998).

A aderência da argamassa de revestimento depende dos cuidados de preparação da base e de suas características e texturas. Dentre as propriedades e características ligadas à aderência da argamassa relacionadas à natureza da base podemos citar a resistência mecânica e a capacidade de deformação.

Para Sabbatini (1998), a preparação da base é um conjunto de atividades que visam adequar a base ao recebimento da argamassa, sendo necessário tomar alguns cuidados específicos, para que não seja afetada a aderência do revestimento.

2.9.1 Emboço

Para Carasek (2007), emboço é a camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a base, propiciando uma superfície que permita receber outra camada de reboco ou de revestimento decorativo.

2.9.2 Reboco

Carasek (2007) afirma que o reboco é a camada de revestimento utilizada para cobertura do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo ou que se constitui no acabamento final.

2.9.3 Chapisco

Chapisco é camada que serve de elemento de ligação entre o revestimento e o substrato. Sua função é cobrir e regularizar a superfície, melhorando a aderência do revestimento (SANTOS, 2008).

Para Mota et al (2009), o não tratamento da base com chapisco tem se tornado frequente na construção civil, devido ao seu alto custo e seu grande desperdício na aplicação. Porém os revestimentos argamassados aplicados sem chapisco sobre os blocos cerâmicos têm apresentado baixas resistências de aderência, com valores bem abaixo da norma.

O chapisco tem como função regularizar a absorção de água, a porosidade da base e aumentar a rugosidade da superfície. É muito utilizado para aplicação de revestimentos externos, nos quais as solicitações mecânicas são maiores, assim como nas superfícies de concreto armado (CARASEK ET AL., 2001).

Segundo Scartezini et al. (2002) afirma que a preparação da base utilizando o chapisco aumenta a rugosidade e permite o controle da absorção de água do substrato.

Para Candia (1998) o chapisco é rico em cimento e possui um elevado potencial de aumento da capacidade de aderência entre o revestimento e a base. Este procedimento de tratamento da base produz uma superfície bastante rugosa sobre o substrato e aumenta a área de adesão, principalmente em de baixa porosidade.

2.9.4 Preparo da base utilizando solução de Cal

O surgimento de patologias nos revestimentos de argamassas fez com se iniciassem estudos relativos ao procedimento de preparo da base para posterior aplicação do revestimento de argamassa. Os preparos essenciais considerados nestes estudos foram a limpeza de impurezas, gorduras, materiais pulverulentos ou qualquer material que possa impedir o mecanismo de agulhamento dos cristais formados pela hidratação do cimento.

Alguns pesquisadores têm buscado novas alternativas de preparo da base para propiciar uma melhor ancoragem mecânica do revestimento de argamassa, assim como uma menor operacionalidade e menores custos, através dos seguintes métodos (MOTA ET AL., 2009):

- Método tradicional (aplicação de chapisco);
- Transporte do elemento cálcio para os poros da base (através da pulverização de solução de cal);
- Umedecimento da base.

Scartezinni e Carasek (2003) relatam que o tipo de preparo do substrato influencia na resistência de aderência do revestimento de argamassa mista em alvenarias de blocos cerâmicos e de concreto. Resultados positivos foram apresentados para os dois tipos de substrato (cerâmico e de concreto) quando preparados utilizando solução de cal. Os estudos comprovaram uma maior resistência de aderência das alvenarias preparadas com solução de cal quando comparadas com as alvenarias sem preparo, umedecidas ou chapiscadas.

Segundo Chase (1985) citado por Carasek e Scartezini (2003), o uso de solução de cal como preparo do substrato favorece a deposição de produtos de hidratação do cimento, devido às partículas de hidróxido de cálcio presentes na superfície, o que contribui para o desenvolvimento da aderência.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho experimental foi realizado no intuito de analisar a resistência de aderência da argamassa aplicada em alvenarias de blocos cerâmicos previamente preparados com solução de cal.

O estudo do pré-tratamento da base ou substrato utilizando solução de cal têm sido realizado por vários estudiosos na área de construção civil, buscando alternativas de preparo da base que propiciem maior aderência do revestimento de argamassa e menores custos.

3.1 MATERIAIS

3.1.1 Cimento

O cimento utilizado foi o Portland CII F-32 da marca Tocantins, adquirido no comércio local. A Tabela 3 apresenta os resultados de caracterização física e química deste material de acordo com o fabricante

Tabela 3 – Caracterização do Cimento Portland.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA	
NOME QUÍMICO	FAIXA DE CONCENTRAÇÃO (%)
Silicato tricálcico	20 - 70
Silicato dicálcico	10 - 60
Ferro aluminato de Cálcio	5 - 15
Sulfato de Cálcio	2 - 10
Aluminato tricálcico	1 - 15
Carbonato de cálcio	0 - 5
Óxido de magnésio	0 - 4
Óxido de cálcio	0 - 0,2
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS	
pH em Solução Aquosa	12 - 14 a 25°C (solução saturada)
Massa Específica Absoluta	2,8 - 3,2 g/cm ³ a 20°C
Solubilidade em 100 ml de água	até 15 g/L a 20°C
Massa Específica Aparente	0,9 - 1,2 g/cm ³ a 20°C

Fonte: Fabricante.

3.1.2 Areia

Utilizou-se areia natural lavada comercializada na região. Quanto a sua granulometria pode-se considerar a seguinte caracterização apresentados em anexo.

3.1.3 Cal

A cal utilizada em três processos deste ensaio foi a cal hidratada CH-III, da marca Itaú, comumente comercializada na região de Anápolis. Os processos realizados foram o preparo da argamassa de assentamento da alvenaria, o preparo da argamassa de revestimento e o preparo da solução de cal utilizada no pré-tratamento da base. A Tabela 4 a seguir apresenta a sua caracterização.

Tabela 4 – Caracterização da Cal CH III utilizada no ensaio, conforme o fabricante.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA	
NOME QUÍMICO	FAIXA DE CONCENTRAÇÃO
Hidróxido de Cálcio	65-78
Hidróxido de Magnésio	15-25
Carbonato de Cálcio	<15
Óxido de Cálcio	<15
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS	
Estado Físico	sólido (pó)
Cor	branco e branco acinzentado
pH em Solução Aquosa	12,4 a 25°C (solução saturada)
Ponto de Fusão	decompõe-se > 580°C
Massa Específica Absoluta	2,08 - 2,34 g/cm ³
Solubilidade em 100 ml de água	0,185 g/L a 0°C ; 0,071 g/L a 100°C

Fonte: Fabricante

3.1.4 Bloco cerâmico

O bloco cerâmico utilizado foi do tipo vazado, com furos quadrados e as dimensões 9cmx14cmx24cm.

A tabela abaixo apresenta os resultados e os métodos de ensaio utilizados na caracterização dos blocos.

3.2 METODOLOGIA APLICADA

O ensaio realizado para este estudo analisou alternativas de preparo da base que propiciem melhor ancoragem mecânica do revestimento de argamassa à base. Os métodos utilizados no experimento foram:

- aplicação do revestimento de argamassa pelo o método tradicional (aplicação de chapisco);

- aplicação do revestimento o método de transporte do elemento cálcio para os poros da base (aplicação de solução de cal 1%, 2% e 3%).

Todas as situações apresentadas foram realizadas utilizando argamassa mista, como as produzidas em obras. As formas de aplicação também foram as mesmas aplicadas em obras, sendo os painéis de alvenaria constituídos por blocos cerâmicos vazados.

3.2.1 Processo de Produção de Mão de Obra

No processo de produção, houve a participação de apenas um pedreiro, o qual executou todas as etapas, desde a alvenaria até a aplicação da argamassa.

Todas as etapas do ensaio foram realizadas no Centro Tecnológico da UniEvangélica, em ambiente fechado, desde a construção da alvenaria até os ensaios realizados com a argamassa.

Foram construídos no local três paredes de alvenaria, utilizando-se blocos cerâmicos vazados assentados com argamassa no traço 1:2:9, em volume de cimento, cal hidratada e agregado miúdo, com juntas horizontais de 2 cm de espessura. As paredes adotaram as seguintes dimensões: 1,80 m de altura por 0,85m de largura.

3.2.2 Tipo de Revestimento

Foi utilizada neste experimento a argamassa mista, produzida em obra sem o auxílio de betoneira. A proporção de mistura adotada neste experimento foi definida através de traços comumente utilizados em obras e sugerida por Carneiro (1999). Este traço adota a proporção de 1: 1: 6 em volume de cimento, cal e areia. A medida de água foi adotada pelo pedreiro de forma empírica. A espessura adotada da camada de revestimento foi de 2 cm.

3.2.3 Preparo da Base ou Substrato

A base de aplicação do revestimento de argamassa recebeu um pré-tratamento, para que fosse possível a posterior realização de testes para verificação da resistência de aderência da argamassa. Todo o processo foi realizado de acordo com as normas estabelecidas para este tipo de ensaio, adotando-se todos os procedimentos para o preparo da base.

As alvenarias foram varridas, com o intuito de retirar todas as impurezas que pudessem interferir nos resultados.

A base de alvenaria foi preparada em quatro condições diferentes. Os tipos de substrato testados neste ensaio foram os descritos a seguir:

- Chapisco Convencional: foi aplicado chapisco produzido para o traço 1:3, em volume, aplicada por aspersão sobre o substrato com o auxílio de uma brocha;
- Solução de cal 1%: a aplicação foi realizada por aspersão da solução de cal com o auxílio de uma brocha;
- Solução de cal 2%: a aplicação foi realizada por aspersão da solução de cal com o auxílio de uma brocha;
- Solução de cal 3%: a aplicação foi realizada por aspersão da solução de cálcio com auxílio de uma brocha.

Após o preparo da base, estas foram deixadas em repouso por 24 horas para a posterior aplicação do revestimento de argamassa.

Antes da aplicação da solução de cal, foi retirada a nata sobrenadante formada sobre a solução, evitando a mistura da nata com o líquido.

Após o tratamento da base executou-se o revestimento com espessura de 2 cm. As mestras foram instaladas com o auxílio de um prumo e régua de alumínio.

3.2.4 Idade de Avaliação dos Revestimentos

A avaliação dos revestimentos de argamassa ensaiados foi realizada aos 28 dias, de acordo com as normas de segurança.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 PROCEDIMENTO E ENSAIOS REALIZADOS

Após a mistura da argamassa, imediatamente foram coletadas amostras para a realização do ensaio de caracterização da mesma em seu estado fresco. O ensaio realizado foi o seguinte:

- NBR 13277/2005 – Determinação a retenção de água em argamassas de assentamento e revestimento de tetos e parede

Para a argamassa nos estado endurecido foram realizados os seguintes ensaios:

- NBR: 7222/2011 – Determinação da resistência à compressão;
- NBR 13528/2010 – Revestimento de paredes e tetos com argamassas inorgânicas – Determinação de resistência à aderência a tração.

A figura 1 mostra as amostras retiradas de argamassa e colocadas nos corpos de prova posterior realização dos ensaios em seu estado endurecido dentro dos prazos estabelecidos pela norma.

Figura 1 - Corpos de prova



Fonte: Autor, 2015

4.2 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA E MODO DE FINURA DOS AGREGADOS MIÚDOS:

O método utilizado para descrever a composição granulométrica dos agregados foi o seguinte:

- NBR NM 248/2003 – Agregados – Determinação da Composição Granulométrica

A granulometria é dada pela porcentagem dos diferentes tamanhos dos grãos constituintes no agregado.

Foram utilizados para este ensaio:

- a amostra do agregado miúdo utilizado na produção de argamassa;
- uma estufa para secagem da amostra a 110°C;
- um jogo de peneiras e um agitador mecânico para a realização do ensaio.

Figura 2 – Jogo de peneiras e agitador mecânico utilizado no ensaio



Fonte: Autor

A Tabela 5 apresenta os intervalos adotados por Selmo (1989) para o módulo de finura (MF) para a classificação das areias:

Tabela 5 – Classificação das areias quanto ao módulo de finura (MF).

CLASSIFICAÇÃO DAS AREIAS	
MF < 2,0	areia fina
2,0 < MF < 3,0	areia média
MF > 3,0	areia grossa

Fonte: Selmo (1989).

Os resultados da granulometria feita nas amostras das areias extraídas para análise estão representados no Anexo A.

Os dados da análise obtida da granulometria e do módulo de finura da areia lavada estão representados na Tabela 6.

Tabela 6 – Dados da granulometria e módulo de finura do agregado (areia lavada).

GRANULOMETRIA DO AGREGADO MIÚDO - NBR NM 248:2003		
Areia Lavada		
	Amostra A	Amostra B
Soma da massa retida	499,9	499,6
Módulo de Finura		1,96
Diâmetro Máximo		2,4

Fonte: Autor.

A granulometria dos agregados influencia diretamente da dosagem do aglomerante e na quantidade de água da mistura na massa. Quando existe um desvio na curva granulométrica ou uma grande quantidade de finos, pode ocorrer um consumo excessivo de água de amassamento, reduzindo as propriedades mecânicas e causando maior retração por secagem.

De acordo com os resultados obtidos do módulo de finura a areia utilizada neste ensaio caracterizou-se muito fina, já que apresentou MF <2,0.

4.2.1 Massa Específica

O procedimento adotado para a determinação da massa unitária do agregado estado solto obedeceu a seguinte norma:

- NBR 9776/1987 – Determinação da Massa Unitária

Utilizou-se para o ensaio:

- Duas amostras de areia lavada (500g)
- Frasco de Chapman

A massa específica dos agregados analisados foi calculada através da equação 1

$$\rho = \frac{M_s}{L - L_o} = \frac{500}{L - 200} \quad (1)$$

Onde:

ρ = massa específica do agregado miúdo

M_s = massa do material seco

L_o = leitura inicial do frasco

L = leitura final do frasco

A determinação do ensaio através do Método de Chapman está no tabela 7.

Tabela 7 – Caracterização da massa específica do agregado miúdo (areia lavada).

MASSA ESPECÍFICA - MÉTODO DE CHAPMAN - NBR 9776	
Massa específica dos grãos (g/cm ³)	2,688

Fonte: Autor.

O resultado da massa específica das amostras analisadas é aceitável, pois se encontra próximo do valor sugerido para uso.

4.2.2 Umidade Superficial

Umidade superficial é definida pela relação da massa de água absorvida pelo agregado que preenche totalmente ou parcialmente os vazios e a massa desse agregado no seu estado seco.

A determinação da umidade superficial foi realizada de acordo com a NBR 9775/2011.

De acordo com esta norma realizou-se dois ensaios: um pelo Método de Chapman e outro pelo Método do Fogareiro

No Método de Chapman o ensaio foi feito da seguinte forma:

- Utilizou-se o frasco de Chapman;
- Utilizou-se amostras de 500g de areia lavada úmida; No frasco de Chapman adicionou-se 200ml de água e introduziu-se 500g de areia úmida. Em seguida fez-se a leitura do nível atingido pela água;

A determinação da umidade do agregado foi obtida pela seguinte equação:

$$h = 100 \cdot \frac{500 - \rho(L-200)}{\rho(L-700)} \quad (2)$$

Onde:

h = teor de umidade (%)

L = leitura do frasco (cm³)

ρ = massa específica (kg/dm³)

Para o teste do fogareiro o procedimento foi feito como descrito a seguir:

- Utilizou-se duas amostras de areia lavada e pesou-se cada uma delas;
- Colocou-se cada uma das amostras em uma panela e levou-as ao fogo até que toda água fosse retirada por evaporação;
- Após o processo pesou-se cada uma das amostras secas.

A umidade obtida por este método foi dada pela seguinte equação:

$$h = \frac{MH-MS}{MS} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

MH = Massa da amostra úmida

MS = Massa da Amostra Seca

H = Umidade (%)

A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos em análise para o teor de umidade superficial do agregado miúdo:

Tabela 8 - Resultados do Teor de Umidade Superficial do Agregado Miúdo

TEOR DE UMIDADE SUPERFICIAL (%)	
Umidade Superficial	Areia Lavada
Método de Chapman	6,80%
Método do Fogareiro	8,10%

Fonte: Autor

4.2.3 Massa Unitária

Para obtenção da massa unitária do agregado miúdo realizou-se o teste conforme a NBR 9776/1987. Este ensaio deve ser realizado com a amostra no estado seco e com uma quantidade duas vezes superior ao volume do recipiente utilizado no ensaio.

O ensaio foi realizado como descrito abaixo:

- 1º) o recipiente foi pesado e aferido;
- 2º) preencheu-se o recipiente com a amostra;
- 3º) Analisou-se a superfície do recipiente com uma régua;
- 4º) Pesou-se o recipiente contendo a amostra.

A massa do agregado solto nada mais é que a diferença entre as massas do recipiente contendo a amostra e a massa do recipiente vazio. O resultado foi obtido pela seguinte equação:

$$\mu = \frac{m_{r+a} - m_r}{V_r} \quad (4)$$

Onde:

μ = massa unitária do agregado no estado solto (kg/dm³)

m_{r+a} = massa do recipiente + amostra (kg)

m_r = massa do recipiente (kg)

V_r = volume do recipiente (dm³)

Os resultados obtidos neste ensaio a respeito da massa unitária do agregado miúdo estão representados na Tabela 9.

Tabela 9 - Caracterização da Massa Unitária Solta dos Agregados Miúdos

MASSA UNITÁRIA SOLTA	
	Areia Lavada
Massa Unitária Solta (Kg/dm ³)	1,43

Fonte: Autor

4.2.4 Materiais Pulverulentos

Define-se materiais pulverulentos como partículas minerais com dimensão inferior a 75 µm, incluindo os materiais solúveis em água, presentes no agregado.

A NBR 46/2003 foi utilizada para a realização do ensaio que determinou o teor de materiais pulverulentos nos agregados.

A massa mínima para ensaio deve ser proporcional à dimensão máxima do agregado conforme a tabela 10:

Tabela 10 – Massa mínima de Ensaio (por amostra)

Dimensão Máxima agregado (mm)	Massa mínima da amostra (kg)
<4,8 mm	0,5
> 4,8 mm <19 mm	3
>19 mm	5

Fonte: NBR NM 46 (ABNT, 2003)

O teor de material pulverulento é calculado pela seguinte equação:

$$\% \text{ mat.,. pulv.} = \frac{(M_i - M_f)}{M_i} \times 100 \quad (5)$$

Onde:

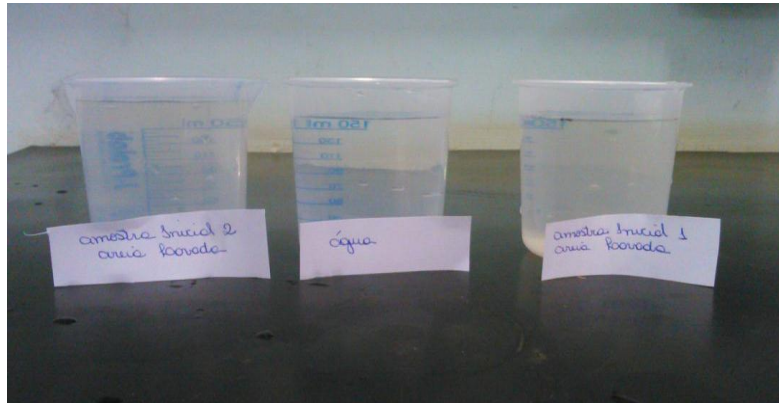
M_i = Massa inicial do agregado

M_f = Massa Final do Agregado

A análise deste material é fundamental para determinação da aderência do revestimento de argamassa. O excesso de material pulverulento prejudica a aderência entre a pasta de cimento e argamassa e aumenta o consumo de água devido à maior superfície de contato, diminuindo a resistência.

A figura 3. apresenta o ensaio realizado para determinação de materiais pulverulentos da areia lavada.

Figura 3 – Determinação de materiais pulverulentos da areia lavada



Fonte: Autor

A tabela 11 apresenta a caracterização do teor de material pulverulento no agregado miúdo.

Tabela 11 – Caracterização do teor de material pulverulento

TEOR DE MATERIAL PULVERULENTO	
Porcentagem de material pulverulento	Areia lavada 5,00%

Fonte: Autor

4.2.5 Impurezas Orgânicas em Agregado

A determinação de matéria orgânica presente no agregado miúdo é realizada através do ensaio colorimétrico de acordo com a NBR NM 49 (ABNT, 2001). Neste ensaio fez-se a comparação da cor da solução, se é mais escura, mais clara ou igual à solução padrão.

Foi observado de acordo com a Figura 4. que a amostra de areia lavada ficou mais clara que a solução padrão.

Figura 4 – Comparação da solução padrão com a solução de areia lavada.



Fonte: Autor.

4.3 ANÁLISE DA ARGAMASSA NO ESTADO FRESCO

4.3.1 Análise e Retenção de Água

Analisou-se a argamassa a partir do ensaio feito conforme a NBR 13277/2005 (ABNT, 2005).

Após o ensaio, os resultados foram calculados a partir da equação:

$$Ra = \left[1 - \frac{(M_f - M_{se})}{AF \times (M_{ma} - M_m)} \right] \times 100 \quad (6)$$

Onde:

M_m = massa total de água acrescentada à mistura, em g;

M = massa de argamassa industrializada ou soma das massas dos componentes anidros no caso de argamassa de obra, em g;

AF = fator água/ argamassa fresca.

$$AF = \frac{M_w}{M + M_w} \quad (7)$$

Onde:

M_f = massa do conjunto de discos molhados de papel filtro, em g.

M_{se} = massa do conjunto de discos secos, em g;

M_{ma} = massa do molde com argamassa, em g.

M_m = massa do molde, em g.

Para a caracterização da argamassa no estado fresco realizou-se ensaios para a determinação do teor de ar incorporado e retenção de água. Os resultados estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 – Caracterização da Argamassa no Estado Fresco

ENSAIO MÉTODO	NBR	UNID.	ARGAMASSA (AREIA LAVADA)
RETENÇÃO DE ÁGUA	13277/95	%	97,18

Fonte: Autor

A NBR 13281/2005 (ABNT, 2005) determina os requisitos de retenção de água para a argamassa de assentamento e revestimento conforme a Tabela 13. Observou-se neste ensaio, que o agregado miúdo utilizado (areia lavada) apresentou um nível alto de retenção de água, o qual é considerado aceitável para o revestimento de argamassa em questão.

Tabela 13 - Capacidade de Retenção de Água

Retenção de Água	
Normal	$\geq 80\%$ e $\leq 90\%$
Alta	$> 90\%$

Fonte: NBR 13281/2005

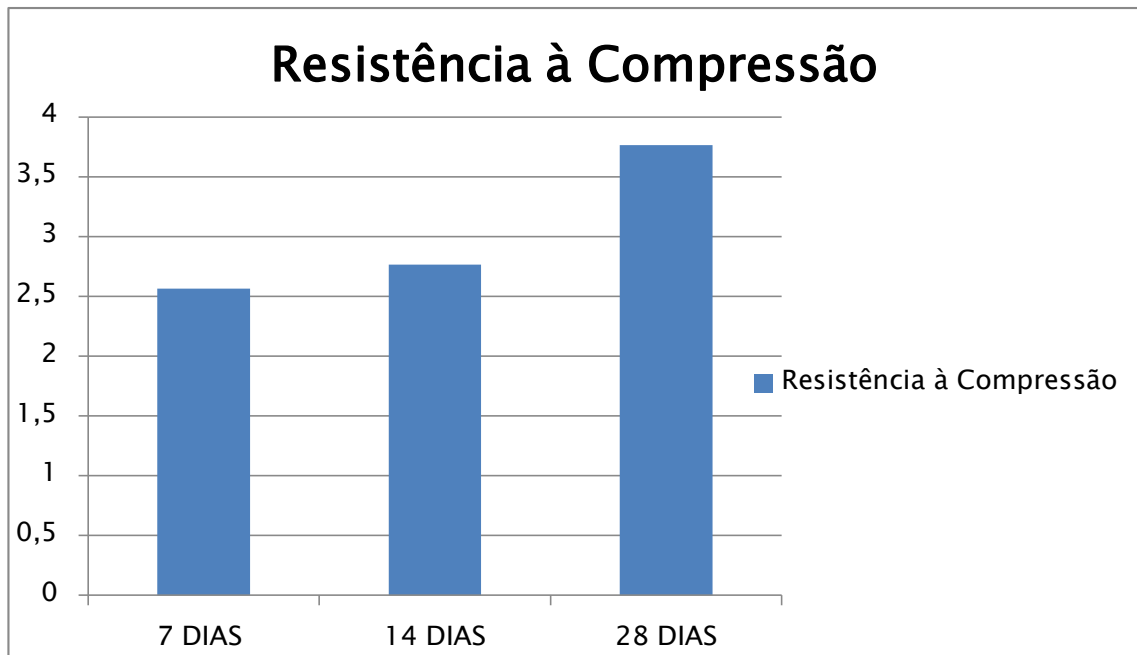
4.4 ANÁLISE DA ARGAMASSA NO ENDURECIDO

4.4.1 Ensaio de Resistência à Compressão

Os ensaios realizados para análise da resistência à compressão obedeceram às orientações da NBR 13278/2005 (ABNT, 2005).

O teste foi realizado aos 7, 14 e 28 dias, a partir de amostras da argamassa produzida e moldadas em três corpos de prova cilíndricos. Estes corpos de prova permaneceram, por 48 horas, em uma câmara úmida para início da cura. Após este período, estes corpos de prova foram desmoldados, iniciando o final da cura, sendo colocados em um tanque com água, onde permaneceram até o ensaio. No momento do teste, os corpos de prova foram capeados com enxofre e colocados cuidadosamente no equipamento de ensaio de resistência à compressão.

O resultado obtido no teste de resistência à compressão apresentou uma maior resistência da argamassa na amostra do corpo de prova rompido aos 28 dias, conforme a Figura 5.

Figura 5 – Resultado obtido no teste de resistência à compressão.

Fonte: Autor

De acordo com a NBR 13281/2005, a argamassa utilizada neste ensaio se enquadra na identificação I conforme a Tabela 14 a seguir:

Tabela 14 - Caracterização quanto à resistência à compressão

Resistência à Compressão			
Características	Identificação	Limites	Método
Resistência à	I	$\geq 0,1$ e $< 4,0$	NBR 13279
Compressão aos	II	$\geq 4,0$ e $< 8,0$	
28 dias	III	$> 8,0$	

Fonte: NBR 13281/2005

4.4.2 Análise da Resistência de Aderência à Tração

A determinação da resistência de aderência à tração seguiu as determinações e procedimentos prescritos na NBR 13528/2010 (ABNT, 2010).

A figura 6 apresenta o aparelho utilizado para os ensaios de resistência à tração.

Figura 6 - Aparelho utilizado no teste de resistência à tração.



Fonte: Autor

O ensaio foi realizado aos 28 dias após a construção e revestimento da parede, conforme descrito abaixo:

- Preparou-se os corpos de prova das argamassas utilizadas nas paredes construídas para o ensaio;
- Definiu-se a área do revestimento onde seria feito o ensaio, de acordo com a quantidade de corpos de prova ensaiados;
- Em cada parede, foram ensaiados 12 corpos de prova;
- Foram feitos cortes circulares no revestimento de argamassa para colocação das pastilhas utilizadas no teste;
- Fez-se a limpeza de cada local onde foram feitos os cortes para retirada de impurezas;
- Colou-se as pastilhas nos locais onde foram feitos os cortes utilizando-se uma cola apropriada para o ensaio;
- Selecionou-se a taxa de carregamento em função da resistência a aderência e tração;
- Acoplou-se o aparelho na pastilha colada na parede;
- Aplicou-se o esforço a tração perpendicular ao corpo de prova;

- Anotou-se os dados da ruptura do corpo de prova e mediu-se a espessura dos revestimentos e de suas camadas. A Figura 7 e Figura 8, apresentam os procedimentos executados no ensaio.

Figura 7– Retirada dos corpos de prova da argamassa utilizada como revestimento para ensaio de aderência à tração.



Fonte: Autor

Figura 8 – Execução do ensaio de resistência de aderência à tração.



Fonte: Autor

O cálculo de resistência de aderência à tração foi feito através da seguinte equação:

$$Ra = \frac{P}{A} \quad (7)$$

Onde:

Ra = resistência de aderência à tração, em Mpa.

P = carga de ruptura, em N.

A = área da pastilha, mm.

4.4.3 Análise das Rupturas da Argamassa de Revestimento

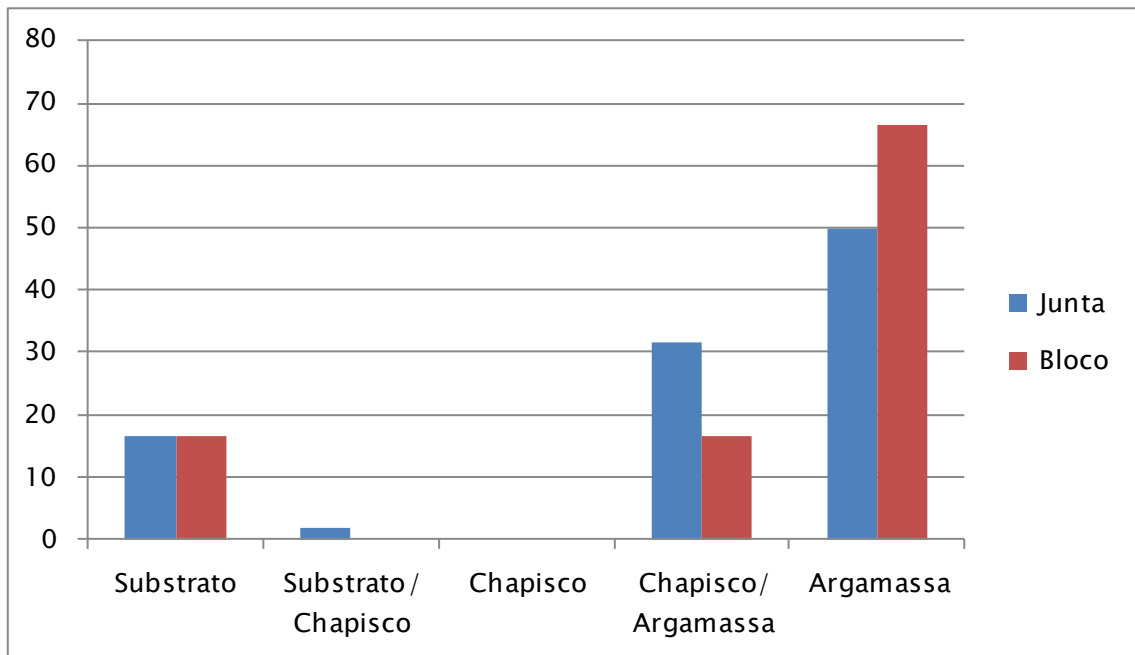
Nas tabelas abaixo encontra-se a média dos resultados obtidos na caracterização dos revestimentos quanto à resistência de aderência aos 28 dias. No apêndice estão representados os resultados individuais desta caracterização.

Tabela 15 – Resistência média de aderência à tração aos 28 dias de idade nos revestimentos aplicados sobre bloco cerâmico preparado com chapisco convencional.

Posição de CP's	Carga de Ruptura (N)	Tensão Média (Mpa)	Tipo de Ruptura Médio (%)				
			Subst.	Subst/Chap.	Chapisco	Chap./Arg.	Arg.
Junta	554,17	0,28	16,67	1,67	0	31,67	50
Bloco	540,67	0,28	16,67	0	0	16,67	66,67

Fonte: Autor

Figura 9 – Resultados das resistências médias de aderência à tração quanto à forma de ruptura para chapisco convencional.



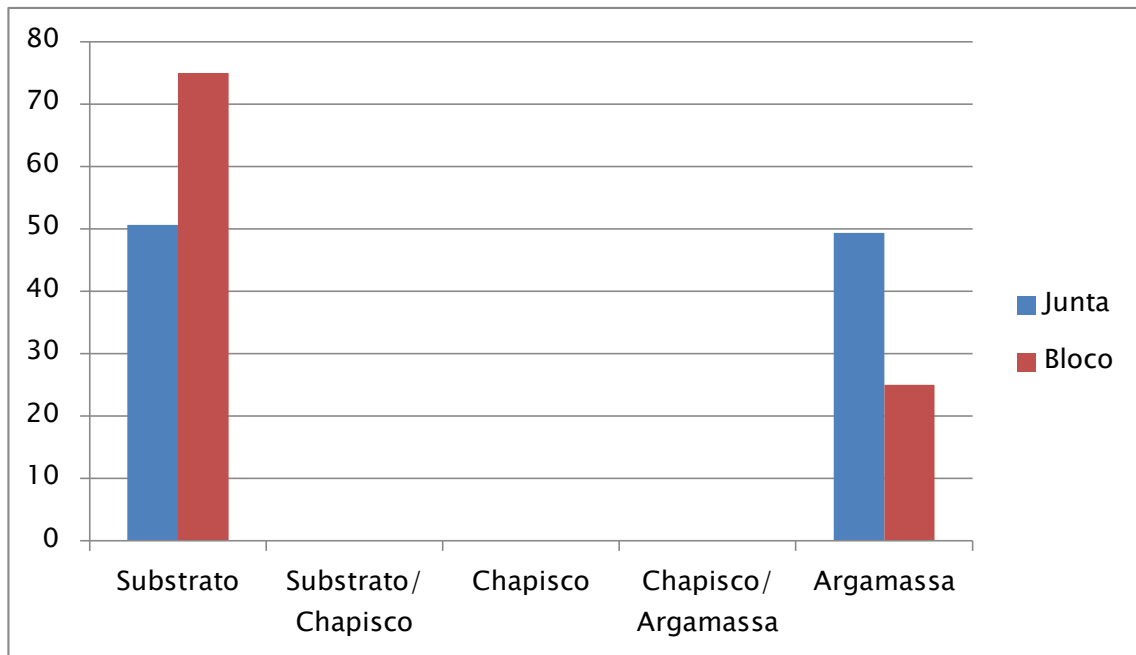
Fonte: Autor

Tabela 16 - Resistência média de aderência à tração aos 28 dias de idade nos revestimentos aplicados sobre bloco cerâmico preparado com solução de cal 1%.

Posição de CP's	Carga de Ruptura (N)	Tensão Média (Mpa)	Tipo de Ruptura Médio (%)				
			Subst.	Subst/Chap.	Chapisco	Chap./Arg.	Argamassa
Junta	810,13	0,41	50,62	0	0	0	49,37
Bloco	362,75	0,183	75	0	0	0	25

Fonte: Autor

Figura 10 – Resultados das resistências médias de aderência à tração quanto à forma de ruptura para solução de cal 1%.



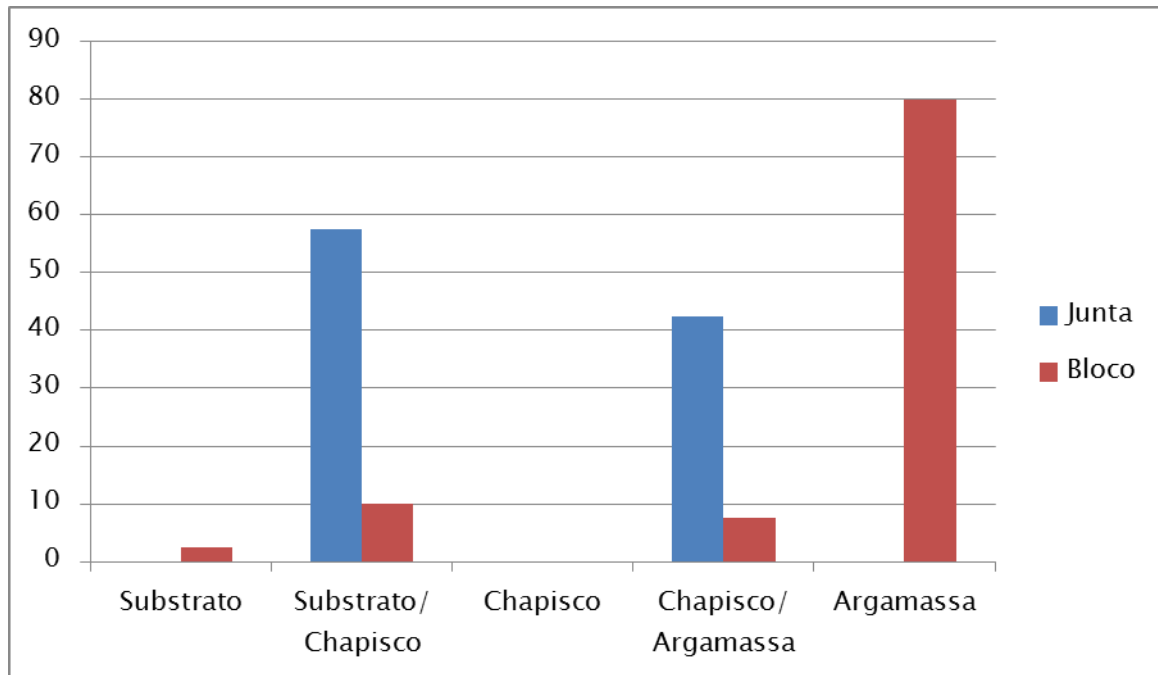
Fonte: Autor

Tabela 17– Resistência média de aderência à tração aos 28 dias de idade nos revestimentos aplicados sobre bloco cerâmico preparado com solução de cal 2%

Posição de CP's	Carga de Ruptura (N)	Tensão Média (Mpa)	Tipo de Ruptura Médio (%)				
			Subst.	Subst/Chap.	Chapisco	Chap./Arg.	Argamassa
Junta	612,5	0,31	0	57,5	0	42,5	0
Bloco	605	0,31	2,5	10	0	7,5	80

Fonte: Autor

Figura 11 – Resultados das resistências médias de aderência à tração quanto à forma de ruptura para solução de cal 2%



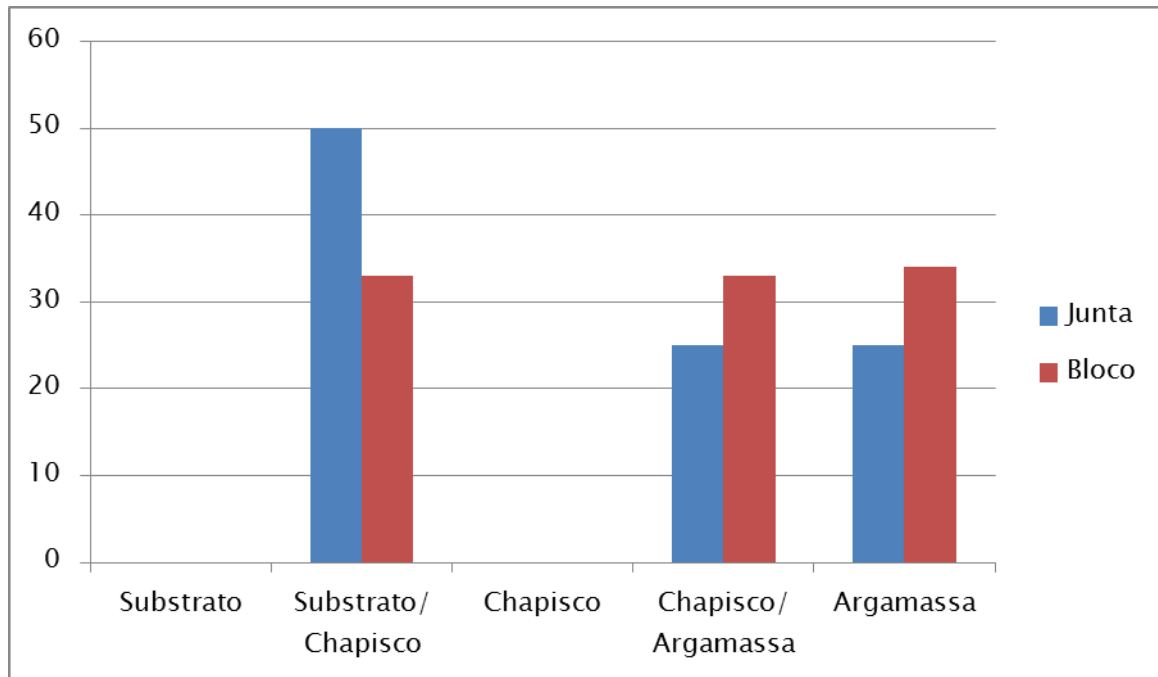
Fonte: Autor

Quadro 18– Resistência média de aderência à tração aos 28 dias de idade nos revestimentos aplicados sobre bloco cerâmico preparado com solução de cal 3%

Posição de CP's	Carga de Ruptura (N)	Tensão Média (Mpa)	Tipo de Ruptura Médio (%)				
			Subst.	Subst/Chap.	Chapisco	Chap./Arg.	Argamassa
Junta	779,5	0,4	0	50	0	25	25
Bloco	694,1	0,35	0	33	0	33	34

Fonte: Autor

Figura 12 – Resultados das resistências médias de aderência à tração quanto à forma de ruptura para solução de cal 3%



Fonte: Autor

A NBR 13749/1996 prescreve os limites para a resistência de aderência à tração para revestimentos de argamassa conforme a tabela abaixo:

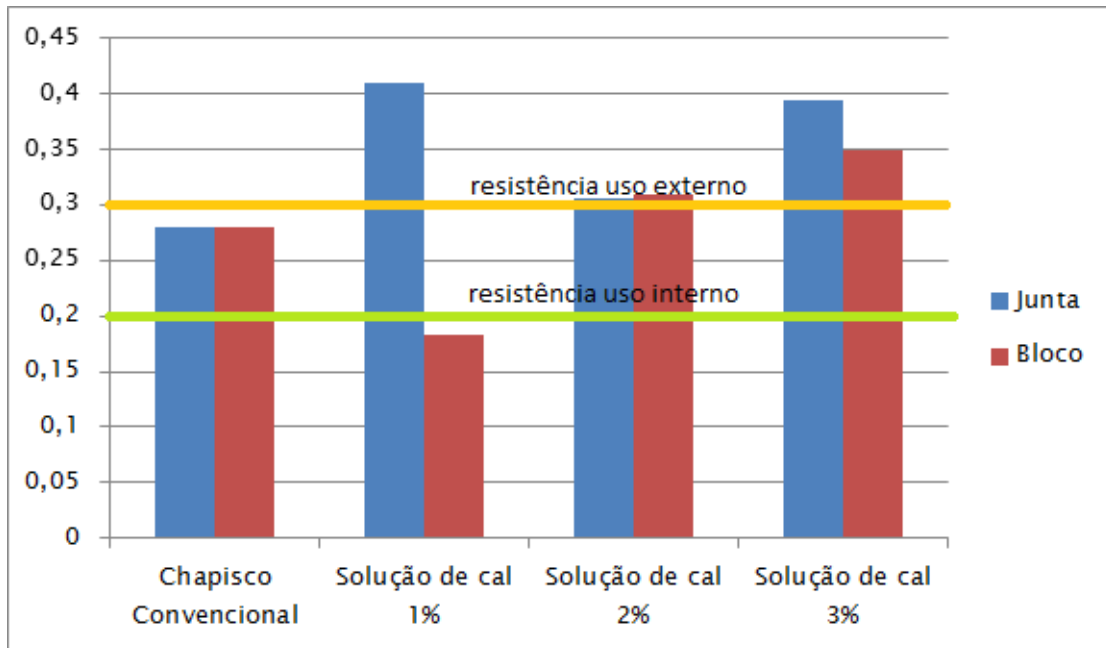
Tabela 19 – Limites de resistência de aderência à tração para emboço e camada única

Local	Acabamento	Ra	
Parede	Interna	Pintura ou Base para reboco	$\geq 0,20$
		Cerâmica ou Laminado	$\geq 0,30$
	Externa	Pintura ou Base para reboco	$\geq 0,3$
		Cerâmica	$\geq 0,3$
Teto		$\geq 0,20$	

Fonte: NBR 13749/1996.

Na figura 13 encontram-se os resultados médios obtidos para os revestimentos de argamassa aplicados sobre substratos cerâmicos preparados com chapisco convencional, solução de cal 1%, 2% e 3%, respectivamente.

Figura 13 - Resultados médios obtidos no ensaio de resistência à tração em revestimentos de argamassa mista, com os limites mínimos de resistência para o uso interno e limites mínimos para uso externo.



Fonte: Autor

5 CONCLUSÕES

A partir dos ensaios e análises realizadas foi possível obter as seguintes conclusões:

Dentre os preparos realizados nos substratos, o revestimento de argamassa mista apresentou maior resistência de aderência à tração nos blocos cerâmicos pré-tratados com chapisco convencional. Isto se deve ao fato de tanto a argamassa usada como revestimento quanto o chapisco apresentarem em sua composição o cimento, fazendo com que ocorra maior aderência entre os elementos de mesma natureza. O mesmo ocorreu quando se analisou o rompimento das pastilhas aplicadas nas juntas de assentamento dos blocos.

Estudos anteriores, como o de Chase (1985) citado por Scatezini (2002) apresentaram uma boa resistência de aderência para substratos preparados com solução de cal 1%. Neste estudo, o revestimento de argamassa tratado com solução de cal nesta porcentagem apresentou uma boa resistência, porém não a mais eficiente.

A solução de cal 2% apresentou o maior valor de resistência à tração quando comparado aos outros tipos de preparo da base. Isto ocorreu devido ao aumento de hidróxido de cálcio na interface, favorecendo a formação de uma estrutura cristalina mais densa e proporcionando maior resistência de aderência à tração.

O revestimento de argamassa mista aplicado sobre a base preparada com solução de cal 3% apresentou um bom resultado, porém com menor capacidade de aderência que a solução de cal 2%. Conclui-se que este fenômeno ocorreu a maior concentração de cal, o que passou a agir no local como material pulverulento, o que prejudicou a aderência do revestimento no substrato.

Analisando os resultados médios obtidos no ensaio de resistência de aderência à tração em revestimentos de argamassa mista, relativos aos limites mínimos para uso interno e uso externo, observou-se que:

- o substrato preparado com chapisco convencional não apresentou conformidade com a norma vigente quando considerado revestimento para uso externo, pois o valor obtido foi inferior ao estabelecido. Porém quando considerado revestimento para uso interno, seu resultado foi satisfatório quanto aos valores estabelecidos pela norma.
- O substrato preparado com solução de cal 2% apresentou conformidade com a NBR 13749/1996 (ABNT, 2006) tanto quando considerado como revestimento para uso interno como quando considerado revestimento para uso externo. Desta forma, de acordo com a norma vigente, a solução de cal 2% é considerada a melhor opção

de preparo do substrato cerâmico para posterior aplicação do revestimento de argamassa.

Outro fator importante observado é que os revestimentos aplicados sobre substrato preparado com solução de cal obtiveram menor custo em relação aos aplicados sobre substrato preparado com chapisco convencional, constatando que a preparação da base influi consideravelmente no custo final do revestimento acabado, conforme cálculos realizados para este ensaio encontrados no Apêndice C.

REFERENCIAS

ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia Básico de utilização do Cimento Portland**. 7.ed. São Paulo, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7251**: Agregados em estado solto Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro: ABNT, 1982.

_____. **NBR 9776**: Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

_____. **NBR 7225**: Materiais de Pedra e Agregados Naturais. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

_____. **NBR 13277**: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

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

_____. **NBR NM 49**: Agregado fino - Determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

_____. **NBR 7175**: Cal Hidratada Para Argamassa. Rio de Janeiro: ABNT, 2003a. 54

_____. **NBR NM 46**: Determinação do teor de materiais pulverulentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2003b.

_____. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003c.

_____. **NBR 7211**: Agregado para concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2005a.

_____. **NBR 13277**: argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – determinação da retenção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2005b.

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

_____. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à compressão Rio de Janeiro: ABNT, 2005d.

_____. **NBR 13281**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2005e.

_____. **NBR 13528**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência a tração. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

_____. **NBR 7222**: Argamassa e concreta – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011a.

_____. **NBR 9775**: Agregados - Determinação da umidade superficial em agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro: ABNT, 2011b.

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

_____. **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2013b.

AGOSTINHO, C.S.A. **Estudo da evolução do desempenho no tempo de argamassas de cal aérea**. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Civil do Instituto

Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Lisboa, 2008.

ANGELIM, Renato Resende. **Influência da Adição de Finos Calcários, Silicosos e Argilosos no Comportamento das Argamassas de Revestimento.** Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Civil da UEG para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Goiânia, 2000.

ANGELIM, R.R.; ANGELIM, S.C.M; CARASEK, H.. **Influência da Distribuição Granulométrica da Areia no Comportamento das Argamassas de Revestimento.** Goiânia, 2002. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás.

CANDIA, M.C.; FRANCO, L.S. **Contribuição ao estudo das técnicas de preparo da base no desempenho da argamassa.** (Boletim Técnico da escola Politécnica da USP, departamento de engenharia e construção civil. São Paulo: EPUSP 1998.

CARASEK, H. **Aderência de argamassas a base de cimento Portland a substratos porosos – Avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo da ligação.** São Paulo, 1996. 285p. Tese (Doutorado) – Escola politécnica, Universidade de São Paulo.

CARASEK, H; CASCUDO, O; SCARTEZINI, L. M. **Importância dos Materiais na Aderência dos revestimentos de Argamassa.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, IV, Brasília – DF, 23 a 25 de maio de 2001. Anais. Brasília, UNB/ENC, 2001.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; JUCÁ, T. **Estudo de casos de descolamento de revestimentos de argamassa aplicado sobre estrutura de concreto.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSA, 6., 2005, Florianópolis. Anais – Porto Alegre. ANTAC, 2005. p. 551 -561.

CARASEK, H. Argamassas. In: Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. ISAIA, G.C. (Organizador/ Editor). São Paulo: IBRACON, 2007.

CARNEIRO, A. M. P. **Contribuição ao estudo da influência do agregado nas propriedades de argamassas compostas a partir de curvas granulométricas.** 203p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 1999.

CEOTTO, L.H.; BANKUK, R.C; NAKAKURA, E.H. **Revestimento de argamassa: boas práticas em projeto, execução e avaliação.** In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, porto Alegre, 2005. Anais: Porto Alegre: ANTAC,2005.

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

DIAS, N.G.S. **Argamassa de Revestimento de Cimento, Cal e Areia Britada de Rocha Calcária.** Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Civil do Setor de Tecnologia da UFPR para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Curitiba, 2006.

IOPPI, Paulo R. **Estudo da aderência das argamassas de revestimento em substratos de concreto**. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Civil da UFSC para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Florianópolis, 1995.

KASMICERCZAK, C.S.; BREZEZINSKI, D.E.; COLLATO, D. **Influência das características da base na resistência de aderência à tração e na distribuição de poros de uma argamassa**. In: ESTUDOS TECNOLÓGICOS, vol. 3, São Leopoldo, 2007, p. 47-58.

MACIEL, Luciana Leone. BARROS, Mércia M. S. Bottura. SABBATINI, Fernando Henrique. **Recomendações para Execução de Revestimentos de Argamassa para paredes de vedação internas e externa e tetos**. São Paulo: EPUSP-PCC, 1998.

MADEIRO, T. T. de. **Influência do tratamento de base na resistência de aderência à tração direta e na permeabilidade de revestimentos em argamassa**. Dissertação apresentada para o curso de Mestrado do Departamento de Pós- Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará para obtenção do título de Mestre em Construção Civil, Belém, 2012.

MOTA, J.M.F. et al. **Análise em obra da resistência de aderência de revestimentos de argamassa com preparo do substrato com solução de cal e chapisco**. . In: X CONGRESSO LATINOAMERICANO DE PATOLOGIA Y XII CONGRESSO CALIDADE EM LA CONSTRUCCIÓN, CONPAT, 2009, Valparaíso – Chile, 29 a 02 de outubro de 2009.

PAES, I.L.; BAUER, E.; CARASEK, H. **Revestimento em Argamassa: Influência do substrato no transporte e fixação de água nos momentos iniciais pós aplicação**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Porto Alegre, 2002

PEREIRA, Paulo César; CARASEK, Helena; FRANCINETE JR, Paulo. **Influência da Cura no Desempenho de Revestimentos com Argamassas Orgânicas**. VI: SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, Florianópolis, 2005.

PETRUCCI, E.G.R. **Concreto de cimento Portland**. Rio de Janeiro, Globo, 1970.

RIBEIRO, Carmen Couto; PINTO, Joana D'arc da Silva; STARLING, Tadeu. **Materiais de Construção Civil**. 3 ed. Belo Horizonte: Editora UFMG; Escola de Engenharia da UFMG, 2011.

SABBATINI, F.H. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílico-calcária**. São Paulo, 1984. 298p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SANTANA, Carlos Roberto Batista de. **Estudo da resistência de aderência ao cisalhamento em revestimentos argamassados**. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Católica de Pernambuco para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Recife, 2010.

SANTOS, Heraldo Barbosa dos. **Ensaio de Aderência das Argamassas de Revestimento**. Monografia apresentada ao curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia Civil da UFMG para obtenção do título de Especialista em Engenharia Civil, Belo Horizonte, 2008.

SCARTEZINI et al. **Influência do preparo da base na aderência e na permeabilidade à água dos revestimentos de argamassa.** Associação nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Porto Alegre, 2002. P.85 – 92.

SCARTEZINI et al. **Influência do tipo e preparo do substrato na aderência dos revestimentos de argamassa: estudo da evolução ao longo do tempo, influência e cura e avaliação da Perda de água da argamassa fresca.** Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Porto Alegre, 2002.

SCARTEZINI, L. M. B. **Influência do tipo e preparo do substrato na aderência dos revestimentos de argamassa: estudo da evolução ao longo do tempo, influência da cura e avaliação da perda de água da argamassa fresca.** Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Civil da UFG para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, Goiânia, 2002.

SCARTEZINI, L. M. B; CARASEK, H. **Fatores que exercem influência na resistência de aderência à tração dos revestimentos de argamassas.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, V, São Paulo, 11 a 13 de junho de 2003. Anais. Coord. M.A. Cincotto, V.M. John. EPUSP-PCC/ANTAC, 2003.

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

SILVA, A. A. M. T. da, **Influência do preparo do substrato de blocos cerâmicos com solução de cal na aderência dos revestimentos de argamassa.** Goiás, 2005.

ZULIAN, C.S.; DONÁ, E.C.; VARGAS, C.L. **Notas de aulas da disciplina de construção civil: Argamassas,** Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2002.

APÊNDICES

APÊNDICE A - PROCEDÊNCIA DOS MATERIAIS

Abaixo estão relacionados os materiais utilizados no ensaio experimental e suas respectivas procedências:

- **Cimento Portland CP II F -32:** Marca Cimento Tocantins, produzido pela Cimento Tocantins S/A, Grupo Votorantim Sobradinho – DF;
- **Cal Hidratada CH III:** Marca Cal Itaú, produzida pela Cimento Itaú S/A, Itaú de Minas – MG, Grupo Votorantim;
- **Areia Natural de Leito de Rio (Areia Lavada):** comercializada no comércio local (Anápolis – GO)
- **Bloco Cerâmico Vazado** com as seguintes dimensões: 9 cm x 14 cm x 24 cm

APÊNDICE B - CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS MIÚDOS

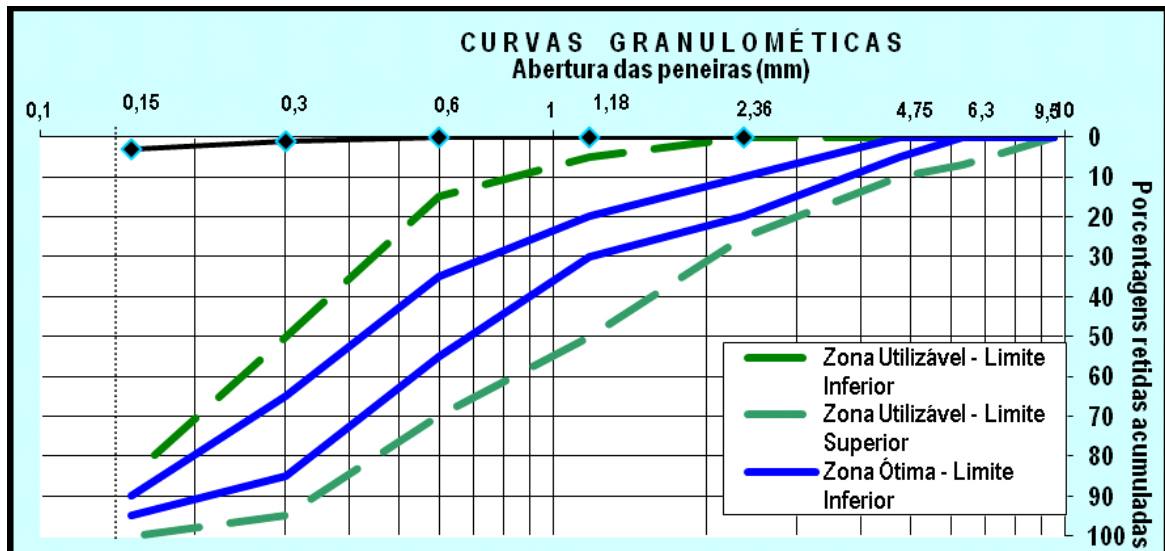
- AGREGADO MIÚDO – AREIA LAVADA

Tabela 20 - Granulometria do agregado miúdo

REALIZAÇÃO DE ENSAIOS FÍSICOS DO AGREGADO MIÚDO												
GRANULOMETRIA DO AGREGADO MIÚDO - NBR NM 248:2003												
Abertura da malha das peneiras (mm)	a) massa inicial seca (gr) = 500,0		(Vr)		(Mrm)	(Mra)	Faixas em relação as % retidas acumuladas					
	b) massa inicial seca (gr) = 500,0		Massa retida		Massa retida	Massa retida	Limites Inferiores		Limites Superiores			
	(Mrg)	Massa retida (gr)	Mr%	Massa retida (%)	Variações	média	acumulada	Zona	Zona	Zona	Zona	
	Ensaio a	Ensaio b	Ensaio a	Ensaio b	± 4 %	(%)	(%)	Utilizável	Ótima	Utilizável	Ótima	
2,36	6,6	4,4	1,3%	0,9%	0,4%	1,1%	1,1%	0	10	20	25	
1,18	10,4	9,2	2,1%	1,8%	0,2%	2,0%	3,1%	5	20	30	50	
0,6	72,6	73,8	14,5%	14,8%	0,2%	14,6%	17,7%	15	35	55	70	
0,3	293,8	293,3	58,8%	58,7%	0,1%	58,7%	76,4%	50	65	85	95	
0,15	104,2	103,6	20,8%	20,7%	0,1%	20,8%	97,2%	85	90	95	100	
0,075	11,2	13,6	2,2%	2,7%	0,5%	2,5%	99,7%					
Fundo	1,1	1,7	0,2%	0,3%	0,1%	0,3%	97,5%	100	100	100	100	
Mt) Total Σ	499,9	499,6	Módulo de Finura = 1,92				Diâmetro máximo = 2,4					
Mt = (Σ de Mrg) Mr% = (Mrg / Mt) * 100 Vr = (Mr% ensaio a - Mr% ensaio b) Mrm = (Mr% ensaio a + Mr% ensaio b) / 2 Mra = (Σ Mrm Massa retida média)												
Módulo finura = Σ % retidas acumuladas, nas peneiras da serie normal / 100 D. máximo = abertura da peneira na qual apresenta % retida acumulada ≤ 5%												

Fonte: Autor

Figura 14 - Distribuição granulométrica do agregado miúdo



Fonte: Autor

Tabela 21 - Caracterização da massa específica do agregado

MASSA ESPECÍFICA MÉTODO DE CHAPMAN - NBR 9776		
Ms) Massa do agregado seco para o ensaio	500,0	500,0
Va) Volume corrigido da água no frasco (cm ³)	200,0	200,0
Lf) Leitura final no frasco c/ água + agregado (cm ³)	386,0	386,0
Média da Massa específica real dos grãos = Ms/(Lf - Va)	2,688	2,688
Média da Massa específica real dos grãos (g/cm ³)	2,688	

Fonte: Autor

Tabela 22 – Caracterização da Umidade do agregado método de Chapman

TEOR DE UMIDADE - NBR 9775(CHAPMAN)		
Identificação do recipiente	1,0	2,00
Va) Volume corrigido da água no frasco (cm ³)	200,0	200,0
Mh) Massa de agregado úmido (g)	500,0	1360,0
Lf) Leitura final no frasco c/ água + agregado (cm ³)	406,000	1315
Umidade (%) = $\{100*[500 - ((Lf-200)*Y)]/[Y*(Lf-700)]\}$	6,8%	6,8%
Porcentagem de umidade média (%)	6,8%	

Fonte: Autor

Tabela 23 – Caracterização da Massa Unitária Agregado Método do Fogareiro

TEOR DE UMIDADE - FRIGIDEIRA		
Identificação do recipiente	1,0	2,00
Mr) Massa do recipiente vazio, seco e limpo	725,0	725,00
Mh) Massa do recipiente c/ agregado miúdo	1360,0	1360,00
Ms) Massa do recipiente c/ agregado seco	1310,000	1315,00
Umidade (%) = $[(Mh - Ms) / (Ms - Mr) * 100]$	8,5%	7,6%
Porcentagem de Umidade Média(%)	8,1%	

Fonte: Autor

Tabela 24 – Caracterização da Massa Unitária do Agregado

MASSA UNITÁRIA SECA SOLTA - NBR 7251		
determinação	a	b
Vr) Volume do recipiente (cm ³)	1,1	1,10
M1) Massa do recipiente vazio (g)	0,0	0,00
M2) Massa do recipiente + agregado	1,570	1,58
Massa Unitária Solta = $(M2 - M1)/Vr$	1,427	
Média da massa unitária solta (Kg/dm³)	1,430	

Fonte: Autor

Tabela 25 – Caracterização do Teor de Material Pulverulento do Agregado

TEOR DE MATERIAL PULVERULENTO		
Identificação do Recipiente	1	2
Massa do agregado miúdo inicial	500,00	500,00
Massa do agregado miúdo final	480,00	475,00
Umidade (%) = $[(Mi - fs) / (Mi)] * 100$	5%	5%
Porcentagem de umidade média	5%	

Fonte: Autor

APÊNDICE C - CUSTOS DOS REVESTIMENTOS

Tabela 26 - Produção de revestimento de argamassa mista 1:1:6 aplicada sobre chapisco convencional

Custo por m ²					
Especificação	Componentes	Unid.	Consumo	Preço Unitário	Preço Total
Chapisco 1 : 3	Cimento	kg	2,43	0,42	1,02
	Areia	m ³	0,0061	120,00	0,732
	Pedreiro	h	0,10	6,25	0,625
	Servente	h	0,15	2,5	0,375
Argamassa : 1 : 6	Cimento	kg	4,86	0,42	2,04
	Cal	kg	2,44	0,45	1,1
	Hidratada	m ³	0,02432	120	2,92
	Areia	h	0,2	2,5	0,5
Revestimento	pedreiro	h	0,6	6,25	3,75
Custo Total :					13,06

Tabela 27 -Produção de revestimento de argamassa mista 1:1:6 aplicada sobre solução de cal 1%

Custo por m ²					
Especificação	Componentes	Unid.	Consumo	Preço Unitário	Preço Total
Solução de cal 1%	Cal Hidratada	kg	0,07	0,45	0,0315
	Servente	h	0,08	2,5	0,2
Argamassa Mista 1:1:6	Cimento	kg	4,86	0,42	2,0412
	Cal	kg	2,44	0,45	1,098
	Hidratada	Kg	2,44	0,45	1,098
	Areia	m ³	0,02432	120	2,9184
Revestimento	Servente	h	0,2	2,5	0,5
	Pedreiro	h	0,6	6,25	3,75
Custo Total					10,5391

Fonte: Autor

Tabela 28 - Produção de revestimento de argamassa mista 1:1:6 aplicada sobre solução de cal 2%

Custo por m ²						
Especificação	Componentes	Unid.	Consumo	Preço Unitário	Preço Total	
Solução de cal 2%	Cal Hidratada	kg	0,14	0,45	0,063	
	Servente	h	0,08	2,5	0,2	
	Cimento Cal	kg	4,86		2,0412	
Argamassa Mista 1:1:6	Hidratada	Kg	2,44	0,42	1,098	
	Areia	m ³	0,02432	0,45	120	2,9184
	Servente	h	0,2	2,5	0,5	
Revestimento	Pedreiro	h	0,6	6,25	3,75	
Custo Total					10,5706	

Fonte: Autor

Tabela 29 - Produção de revestimento de argamassa mista 1:1:6 aplicada sobre solução de cal 3%.

Custo por m ²						
Especificação	Componentes	Unid.	Consumo	Preço Unitário	Preço Total	
Solução de cal 3%	Cal Hidratada	kg	0,21	0,45	0,095	
	Servente	h	0,08	2,5	0,2	
	Cimento Cal	kg	4,86		2,0412	
Argamassa Mista 1:1:6	Hidratada	Kg	2,44	0,42	1,098	
	Areia	m ³	0,02432	0,45	120	2,9184
	Servente	h	0,2	2,5	0,5	
Revestimento	Pedreiro	h	0,6	6,25	3,75	
Custo Total					10,6026	

ANEXOS

ANEXO A - RESULTADOS DO ENSAIO DAS RESISTÊNCIAS DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO



RELATÓRIO DE ENSAIO
 REVESTIMENTO DE PAREDES DE ARGAMASSA INORGÂNICAS
 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - MÉTODO NBR 13528/10

Relatório nº: 1678-1/14

Página 1/1

Interessado: UNIEVANGÉLICA-TRABALHO DE TCC

Endereço: Anápolis / Goiás

Datas:

Realização do ensaio:
22/10/2014Emissão desse relatório:
29/10/2014

INFORMAÇÕES DO ENSAIO						EQUIPAMENTOS UTILIZADOS					
Identificação da amostra: Argamassa						Balança nº: 94					
Procedência: Fabricada na obra						Equipamento de corte nº: 1					
Substrato: Bloco cerâmico						Paquímetro nº: 28					
Tipo de aplicação: Manual						Dinamômetro de tração: 106					
Idade do revestimento (dias): Superior a 28 dias						Estufa nº: 1					
Amostragem: Realizada pelo cliente						Termômetro nº: 203951					
Temp. do ar (°C): 28						Termohigrômetro nº: 35					
Chapisco: Sim						Cola utilizada: Universal					
Argamassa: Cimento, cal e areia											
Local do ensaio: Obra											
Umidade relativa do ar (%): 56											

nº	Corpo de prova		Local do ensaio	Carga de Ruptura (N)	Tensão Ra (MPa)	Forma de ruptura (%)								
	dm (mm)	Área (mm²)				Substrato	Substrato/Argamassa	Substrato/Chapisco	Chapisco	Chapisco/Argamassa	Argamassa	Argamassa/Cola	Cola	Cola/Pastilha
1	50	1962	Junta	736	> 0,38	100	NA	-	-	-	-	-	-	-
2	50	1962	Junta	736	> 0,38	-	NA	-	-	-	100	-	-	-
3	50	1962	Junta	892	0,45	-	NA	10	-	90	-	-	-	-
4	54	2289	Bloco	127	> 0,06	100	NA	-	-	-	-	-	-	-
5	50	1962	Bloco	892	> 0,45	-	NA	-	-	-	100	-	-	-
6	49	1885	Bloco	637	> 0,34	-	NA	-	-	-	100	-	-	-
7	50	1962	Junta	481	0,25	-	NA	-	-	100	-	-	-	-
8	50	1962	Junta	353	> 0,18	-	NA	-	-	-	100	-	-	-
9	50	1962	Junta	127	> 0,06	-	NA	-	-	-	100	-	-	-
10	50	1962	Bloco	284	0,14	-	NA	-	-	100	-	-	-	-
11	49	1885	Bloco	539	> 0,29	-	NA	-	-	-	100	-	-	-
12	50	1962	Bloco	765	> 0,39	-	NA	-	-	-	100	-	-	-

UMIDADE DO REVESTIMENTO (W)			
nº	Massa úmida (g)	Massa seca (g)	Espessura (mm)
1	78,4	72,2	-
2	53,8	51,8	-
3	63,9	61,6	-



REFERÊNCIAS NORMATIVAS

De acordo com a NBR 13528/10, no caso da ruptura na interface substrato/argamassa, substrato/chapisco e chapisco/argamassa, o valor da resistência de aderência à tração é igual ao valor obtido no ensaio.

LIMITES DE RESISTÊNCIA (Ra) - NBR 13749/96

LOCAL	ACABAMENTO	Ra (MPa)
Parede interna	Pintura ou base para reboco	≥0,20
	Cerâmica ou laminado	≥0,30
Parede externa	Pintura ou base para reboco	≥0,30
	Cerâmica ou laminado	≥0,30
Teto		≥0,20

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensaio foi realizado conforme o método de ensaio descrito na norma NBR 13528/10.

RESPONSÁVEIS:

Alves Marcos
Auxiliar de Laboratório

Denilson Pereira Rocha
Chefe Lab. Materiais / Eng. Civil - CREA 20459/D-GO

OCORRÊNCIAS/OBSERVAÇÕES:

Palme 1: Chapisco convencional.

Legenda: dm: Diâmetro médio do corpo de prova Ra: Resistência de aderência NA: Não aplicável

RELATÓRIO DE ENSAIO
 REVESTIMENTO DE PAREDES DE ARGAMASSA INORGÂNICAS
 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - MÉTODO NBR 13528/10

Relatório nº: 1678-2/14

Página 1/1

Interessado: UNIEVANGÉLICA-TRABALHO DE TCC

Endereço: Anápolis / Goiás

Datas:

Realização do ensaio:

22/10/2014

Emissão desse relatório:

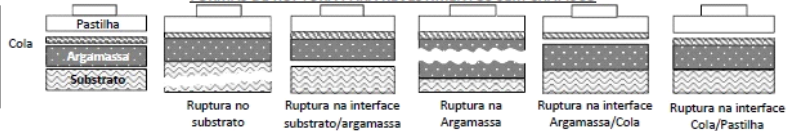
29/10/2014

INFORMAÇÕES DO ENSAIO						EQUIPAMENTOS UTILIZADOS								
Identificação da amostra: Argamassa						Balança nº: 94								
Procedência: Fabricada na obra						Equipamento de corte nº: 1								
Substrato: Bloco cerâmico						Paquímetro nº: 28								
Tipo de aplicação: Manual						Dinamômetro de tração: 106								
Idade do revestimento (dias): Superior a 28 dias						Estufa nº: 1								
Amostragem: Realizada pelo cliente						Termômetro nº: 203951								
Temp. do ar (°C): 28						Termohigrômetro nº: 35								
Umidade relativa do ar (%): 56						Cola utilizada: Universal								
nº	Corpo de prova		Local do ensaio	Carga de Ruptura (N)	Tensão Ra (MPa)	Forma de ruptura (%)								
	dm (mm)	Área (mm²)				Substrato	Substrato/Argamassa	Substrato/Chapisco	Chapisco	Chapisco/Argamassa	Argamassa	Argamassa/Cola	Cola	Cola/Pastilha
1	50	1962	Junta	667	> 0,34	100	NA	-	-	-	-	-	-	-
2	50	1962	Junta	1226	> 0,62	-	NA	-	-	-	100	-	-	-
3	50	1962	Junta	1098	> 0,56	100	NA	-	-	-	-	-	-	-
4	50	1962	Junta	510	> 0,26	85	NA	-	-	-	15	-	-	-
5	50	1962	Junta	686	> 0,35	100	NA	-	-	-	-	-	-	-
6	50	1962	Bloco	49	> 0,02	100	NA	-	-	-	-	-	-	-
7	50	1962	Bloco	284	> 0,14	100	NA	-	-	-	-	-	-	-
8	50	1962	Bloco	608	> 0,31	-	NA	-	-	-	100	-	-	-
9	50	1962	Junta	990	> 0,50	-	NA	-	-	-	100	-	-	-
10	50	1962	Junta	843	> 0,43	20	NA	-	-	-	100	-	-	-
11	50	1962	Junta	461	> 0,23	-	NA	-	-	-	80	-	-	-
12	50	1962	Bloco	510	> 0,26	100	NA	-	-	-	100	-	-	-

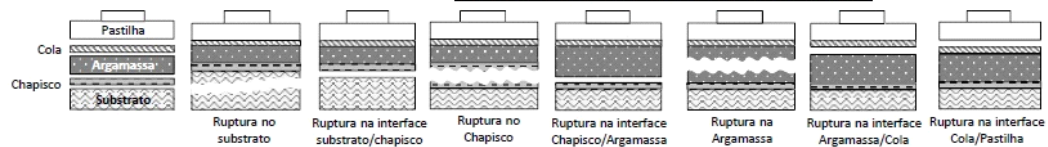
UMIDADE DO REVESTIMENTO (W)

nº	Massa úmida (g)	Massa seca (g)	Espessura (mm)	W (%)
4	79,4	76,0	-	4,4
5	71,8	68,6	-	4,7
6	76,5	73,2	-	4,6

FORMAS DE RUPTURA PARA REVESTIMENTOS SEM CHAPISCO



FORMAS DE RUPTURAS PARA REVESTIMENTOS COM CHAPISCO



REFERÊNCIAS NORMATIVAS

De acordo com a NBR 13528/10, no caso da ruptura na interface substrato/argamassa, substrato/chapisco e chapisco/argamassa, o valor da resistência de aderência à tração é igual ao valor obtido no ensaio.

LIMITES DE RESISTÊNCIA (Ra) - NBR 13749/96


LOCAL	ACABAMENTO	Ra (MPa)
Parede interna	Pintura ou base para reboco	≥0,20
	Cerâmica ou laminado	≥0,30
Parede externa	Pintura ou base para reboco	≥0,30
	Cerâmica ou laminado	≥0,30
Teto	-	≥0,20

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensaio foi realizado conforme o método de ensaio descrito na norma NBR 13528/10.

RESPONSÁVEIS:

Alves Marcos
Auxiliar de Laboratório


Denilson Pereira Rocha
Chefe Lab. Materiais / Eng. Civil - CREA 20459/D-GO

OCORRÊNCIAS/OBSERVAÇÕES:

Panel 2: Chapisco solução de cal 1%.

Legenda **dm**: Diâmetro médio do corpo de prova **Ra**: Resistência de aderência **NA**: Não aplicável

RELATÓRIO DE ENSAIO
 REVESTIMENTO DE PAREDES DE ARGAMASSA INORGÂNICAS
 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - MÉTODO NBR 13528/10

Relatório nº: 1678-3/14

Página 1/1

Interessado: UNIEVANGÉLICA-TRABALHO DE TCC

Endereço: Anápolis / Goiás

Datas:

Realização do ensaio:
22/10/2014Emissão desse relatório:
29/10/2014

INFORMAÇÕES DO ENSAIO							EQUIPAMENTOS UTILIZADOS							
Identificação da amostra: Argamassa							Balança nº: 94							
Procedência: Fabricada na obra							Equipamento de corte nº: 4							
Substrato: Bloco cerâmico							Paquímetro nº: 28							
Tipo de aplicação: Manual							Dinamômetro de tração: 106							
Idade do revestimento (dias): Superior a 28 dias							Estufa nº: 1							
Amostragem: Realizada pelo cliente							Termômetro nº: 203951							
Temp. do ar (°C): 28							Termohigrômetro nº: 35							
							Cola utilizada: Universal							
							Forma de ruptura (%)							
nº	Corpo de prova		Local do ensaio	Carga de Ruptura (N)	Tensão Ra (MPa)	Forma de ruptura (%)								
	dm (mm)	Área (mm²)				Substrato	Substrato/Argamassa	Substrato/Chapisco	Chapisco	Chapisco/Argamassa	Argamassa	Argamassa/Cola	Cola	Cola/Pastilha
1	49	1885	Bloco	608	> 0,32	-	NA	-	-	-	100	-	-	-
2	50	1962	Bloco	1353	> 0,69	-	NA	-	-	-	100	-	-	-
3	50	1962	Junta	794	0,40	-	NA	15	-	85	-	-	-	-
4	50	1962	Bloco	412	> 0,21	-	NA	-	-	-	100	-	-	-
5	50	1962	Bloco	922	> 0,47	-	NA	-	-	-	100	-	-	-
6	50	1962	Bloco	284	> 0,14	-	NA	-	-	-	100	-	-	-
7	50	1962	Bloco	226	0,11	25	NA	-	-	75	-	-	-	-
8	51	2042	Bloco	794	> 0,39	-	NA	-	-	-	100	-	-	-
9	50	1962	Junta	431	0,22	-	NA	100	-	-	-	-	-	-
10	51	2042	Bloco	304	0,15	-	NA	100	-	-	-	-	-	-
11	50	1962	Bloco	461	> 0,23	-	NA	-	-	-	100	-	-	-
12	50	1962	Bloco	686	> 0,35	-	NA	-	-	-	100	-	-	-

nº	UMIDADE DO REVESTIMENTO (W)			
	Massa úmida (g)	Massa seca (g)	Espessura (mm)	W (%)
7	39,0	37,8	-	3,7
8	73,4	76,0	-	4,6
9	69,0	69,7	-	4,1



De acordo com a NBR 13528/10, no caso da ruptura na interface substrato/argamassa, substrato/chapisco e chapisco/argamassa, o valor da resistência de aderência à tração é igual ao valor obtido no ensaio.

REFERÊNCIAS NORMATIVAS

LIMITES DE RESISTÊNCIA (Ra) - NBR 13749/96		
LOCAL	ACABAMENTO	Ra (MPa)
Parede interna	Pintura ou base para reboco	≥0,20
	Cerâmica ou laminado	≥0,30
Parede externa	Pintura ou base para reboco	≥0,30
	Cerâmica ou laminado	≥0,30
Teto		≥0,20

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensaio foi realizado conforme o método de ensaio descrito na norma NBR 13528/10.

RESPONSÁVEIS:

Alves Marcos
Auxiliar de Laboratório

Denilson Pereira Rocha
Chefe Lab. Materiais / Eng. Civil - CREA 20459/D-GO

OCCORRÊNCIAS/OBSERVAÇÕES:

Panel 3: Chapisco solução de cal 2%.

Legenda: dm: Diâmetro médio do corpo de prova Ra: Resistência de aderência NA: Não aplicável

RELATÓRIO DE ENSAIO
 REVESTIMENTO DE PAREDES DE ARGAMASSA INORGÂNICAS
 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - MÉTODO NBR 13528/10

Relatório nº: 1678-4/14

Página 1/1

Interessado: UNIEVANGÉLICA-TRABALHO DE TCC

Endereço: Anápolis / Goiás

Datas:

Realização do ensaio:
22/10/2014Emissão desse relatório:
29/10/2014

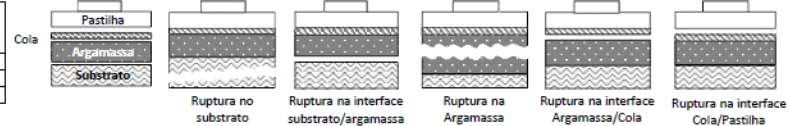
INFORMAÇÕES DO ENSAIO						EQUIPAMENTOS UTILIZADOS					
Identificação da amostra: Argamassa						Balança nº: 94					
Procedência: Fabricada na obra						Equipamento de corte nº: 4					
Substrato: Bloco cerâmico						Paquímetro nº: 28					
Tipo de aplicação: Manual						Dinamômetro de tração: 106					
Idade do revestimento (dias): Superior a 28 dias						Estufa nº: 1					
Amostragem: Realizada pelo cliente						Termômetro nº: 203951					
Temp. do ar (°C): 28						Termohigrômetro nº: 35					
Umidade relativa do ar (%): 56						Cola utilizada: Universal					

nº	Corpo de prova		Local do ensaio	Carga de Ruptura (N)	Tensão Ra (MPa)	Forma de ruptura (%)								
	dm (mm)	Área (mm²)				Substrato	Substrato/Argamassa	Substrato/Chapisco	Chapisco	Chapisco/Argamassa	Argamassa	Argamassa/Cola	Cola	Cola/Pastilha
1	50	1962	Bloco	382	0,19	-	NA	-	-	100	-	-	-	-
2	50	1962	Bloco	1245	0,63	-	NA	-	-	50	50	-	-	-
3	50	1962	Junta	1275	0,65	-	NA	-	-	50	50	-	-	-
4	51	2042	Bloco	990	> 0,49	-	NA	-	-	-	100	-	-	-
5	50	1962	Bloco	588	0,30	-	NA	-	-	80	20	-	-	-
6	50	1962	Bloco	686	0,35	-	NA	-	-	100	-	-	-	-
7	50	1962	Bloco	481	0,24	-	NA	30	-	-	70	-	-	-
8	50	1962	Bloco	559	> 0,28	-	NA	-	-	-	100	-	-	-
9	50	1962	Junta	284	0,14	-	NA	100	-	-	-	-	-	-
10	50	1962	Bloco	510	0,26	-	NA	100	-	-	-	-	-	-
11	50	1962	Bloco	637	0,32	-	NA	100	-	-	-	-	-	-
12	50	1962	Bloco	863	0,44	-	NA	100	-	-	-	-	-	-

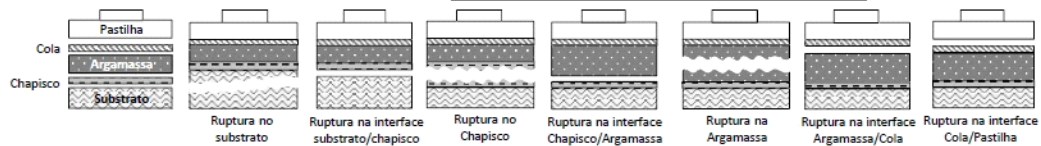
UMIDADE DO REVESTIMENTO (W)

nº	Massa úmida (g)	Massa seca (g)	Espessura (mm)	W (%)
10	76,7	73,6	-	4,2
11	87,0	83,0	-	4,8
12	68,5	65,8	-	4,1

FORMAS DE RUPTURA PARA REVESTIMENTOS SEM CHAPISCO



FORMAS DE RUPTURAS PARA REVESTIMENTOS COM CHAPISCO



REFERÊNCIAS NORMATIVAS

De acordo com a NBR 13528/10, no caso da ruptura na interface substrato/argamassa, substrato/chapisco e chapisco/argamassa, o valor da resistência de aderência à tração é igual ao valor obtido no ensaio.

LIMITES DE RESISTÊNCIA (Ra) - NBR 13749/96

LOCAL	ACABAMENTO	Ra (MPa)
Parede interna	Pintura ou base para reboco	≥0,20
	Cerâmica ou laminado	≥0,30
Parede externa	Pintura ou base para reboco	≥0,30
	Cerâmica ou laminado	≥0,30
Teto	-	≥0,20

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensaio foi realizado conforme o método de ensaio descrito na norma NBR 13528/10.

RESPONSÁVEIS:

Alves Marcos
Auxiliar de Laboratório


Denilson Pereira Rocha
Chefe Lab. Materiais / Eng. Civil - CREA 20459/D-GO

OCORRÊNCIAS/OBSERVAÇÕES:

Painel 4: Chapisco solução de cal 3%.

Legenda: dm: Diâmetro médio do corpo de prova Ra: Resistência de aderência NA: Não aplicável