

Fernanda Ines Schwingel

**ANÁLISE DE PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS DE ARGAMASSAS  
ÚMIDAS ESTABILIZADAS**

Trabalho de conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade de Santa Cruz do Sul para a obtenção do título Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. M. Sc. Marco Antônio Pozzobon

Santa Cruz do Sul

2015

Fernanda Ines Schwingel

**ANÁLISE DE PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS DAS ARGAMASSAS  
ÚMIDAS ESTABILIZADAS**

Este trabalho foi apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

*M. Sc. Marco Antônio Pozzobon*  
Professor Orientador – UNISC

*M. Sc. Marcus Daniel F. dos Santos*  
Professor Examinador – UNISC

*M. Sc. Camila Crauss*  
Professora Examinadora – UNISC

Santa Cruz do Sul

2015

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Leonardo e Claudia, pelos grandes exemplos e a excelente educação que sempre me foram dados, além de todo o apoio psicológico, emocional e financeiro que foram essenciais nesta caminhada. Ao meu namorado Regis, por toda a paciência que teve comigo, por me incentivar a buscar sempre o melhor e nunca desistir.

Agradeço ao professor M. Sc. Marco Antônio Pozzobon, por ser um excelente exemplo de profissional e estar sempre disponível a compartilhar suas experiências e conhecimentos durante a realização do presente trabalho.

À laboratorista Lidiane Kist, pela compreensão, companhia e grande ajuda no desenvolvimento dos ensaios realizados, sem a qual dificilmente conseguiria atingir os resultados obtidos.

Aos demais colegas e amigos que encontrei na universidade, por terem alegrado estes últimos anos e muitas vezes terem me auxiliado a ultrapassar barreiras e obstáculos.

A todos os professores (as) com os (as) quais tive a honra de aprender e que ajudaram muito no meu desenvolvimento pessoal, profissional e intelectual.

*Ama-se mais o que se conquista com esforço.*

(DISRAELI, BENJAMIN)

## RESUMO

O trabalho a seguir relata uma pesquisa experimental feita em laboratório, com a intenção de testar diferentes traços de argamassa estabilizada e verificar se ela é realmente vantajosa em relação às argamassas produzidas *in loco e se*, após o intervalo de tempo pré-estabelecido de até 36 horas, mantém suas propriedades garantindo um bom desempenho. Por tanto, o objetivo deste estudo consistiu em analisar as características de argamassas úmidas estabilizadas produzidas com diferentes marcas de aditivos quanto às suas exigências para revestimento de alvenarias, bem como a garantia de suas propriedades no estado fresco em até 36 horas após sua produção e no estado endurecido, após aplicação, verificando e comparando o desempenho dos corpos de prova de argamassas após o período pré-estabelecido. O trabalho foi desenvolvido com o uso de corpos de prova, moldados com argamassa feita com areia, que será caracterizada granulometricamente conforme normas brasileiras em vigor, cimento, água e aditivos de oito diferentes empresas. Foi determinado o índice de consistência, teor de ar incorporado, resistência potencial de aderência à tração, absorção de água por capilaridade, resistência à compressão axial e resistência à tração na flexão, sendo todos os testes feitos em laboratório, de acordo com as normas brasileiras em vigor. Os resultados obtidos mostram que em alguns aspectos a argamassa estabilizada manteve suas características em condições parecidas, porém encontraram-se algumas diferenças, principalmente quanto à trabalhabilidade da mesma, que pode ter ocorrido devido à perda de água da argamassa durante o período em que esteve em repouso.

Palavras-chave: argamassa úmida estabilizada; propriedades das argamassas; desempenho das argamassas.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Variação da retenção de água para diferentes argamassas.....	21
Figura 2 - Fatores que influenciam na aderência da argamassa.....	23
Figura 3 – Série de peneiras utilizadas na caracterização da areia .....	31
Figura 4 - Frasco de Chapman.....	32
Figura 5 - Curva granulométrica da areia utilizada.....	40
Figura 6 - Ensaio de consistência da argamassa.....	41
Figura 7 - Proveta graduada para ensaio de teor de ar incorporado.....	43
Figura 8 – Corpos-de-prova moldados.....	44
Figura 9 - Ensaio de absorção de água por capilaridade .....	45
Figura 10 - Ensaios de tração na flexão e compressão axial .....	46
Figura 11 - Aditivos utilizados para as argamassas estabilizadas.....	48
Figura 12 - Ensaio de SLUMP.....	49
Figura 13 - Traços A e B estabilizados.....	50
Figura 14 - Argamassa úmida após o período de 36 horas.....	50
Figura 15 - Placa para ensaio de arrancamento .....	52
Figura 16 - Placas com corpos-de-prova para ensaio de arrancamento .....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Aspectos a serem considerados na definição do traço .....	15
Tabela 2 - Propriedades relacionadas com a trabalhabilidade.....	19
Tabela 3 - Consistência das argamassas.....	20
Tabela 4 - Classificação das argamassas .....	26
Tabela 5 - Classificação das argamassas segundo as suas funções .....	27
Tabela 6 - Série de peneiras .....	30
Tabela 7 - Relação de aditivos utilizados .....	33
Tabela 8 - Limites de resistência de aderência à tração para emboço e camada única.....	37
Tabela 9 - Traço utilizado para fabricação de 4kg de argamassa .....	41
Tabela 10 - Resultados do índice de consistência .....	42
Tabela 11 - Resultados de teor de ar incorporado .....	43
Tabela 12 - Resultados gerais de absorção de água por capilaridade.....	45
Tabela 13 - Resultados de resistência à tração na flexão.....	46
Tabela 14 - Resultados de resistência à compressão axial.....	47
Tabela 15 - Traços refeitos.....	48
Tabela 16 - Traços utilizados para argamassa estabilizada.....	48
Tabela 17 - Resultados dos ensaios no estado fresco das argamassas estabilizadas .....	51
Tabela 18 - Resultados de absorção de água por capilaridade para argamassa estabilizada .....	52
Tabela 19 - Resultados de resistência à tração na flexão para argamassa estabilizada .....	53
Tabela 20 - Resultados de resistência à compressão axial para argamassa estabilizada .....	53
Tabela 21 - Resultados de resistência potencial de aderência à tração.....	54

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
cm	Centímetro(s)
cm <sup>2</sup>	Centímetro(s) quadrado(s)
cm <sup>3</sup>	Centímetro(s) cúbico(s)
CP	Corpo-de-prova
g	Gramas(s)
g/cm <sup>2</sup>	Gramas(s) por centímetro(s) quadrado(s)
g/cm <sup>3</sup>	Gramas(s) por centímetro(s) cúbico(s)
H	Hora(s)
Kg	Quilograma(s)
Kg/m <sup>3</sup>	Quilograma(s) por metro cúbico
mm	Milímetro(s)
mm <sup>2</sup>	Milímetro(s) quadrado(s)
MPa	Megapascal(s)
N	Newton(s)
NBR	Norma Brasileira
NM	Norma Mercosul
s	Segundo(s)



## SUMÁRIO

1.1 Área e limitação do tema .....	12
1.2 Justificativa .....	12
1.3 Objetivos.....	12
1.3.1 Objetivo geral.....	12
1.3.2 Objetivos específicos .....	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1 Argamassa.....	14
2.2 Componentes das argamassas.....	15
2.2.1 Cimento Portland .....	16
2.2.2 Cal .....	16
2.2.3 Areia .....	16
2.2.4 Água .....	17
2.2.5 Aditivos e/ou adições .....	17
2.3 Propriedades da argamassa .....	18
2.3.1 Propriedades no estado fresco .....	18
2.3.1.1 Massa específica e teor de ar incorporado.....	18
2.3.1.2 Trabalhabilidade .....	18
2.3.1.3 Retenção de água.....	20
2.3.1.4 Aderência inicial.....	21
2.3.1.5 Retração na secagem.....	22
2.3.2 Propriedade no estado endurecido .....	22
2.3.2.1 Capacidade de aderência .....	22
2.3.2.2 Capacidade de absorver deformações.....	23
2.3.2.3 Resistência mecânica .....	24
2.3.2.4 Permeabilidade .....	24
2.3.2.5 Durabilidade.....	25
2.4 Classificações das argamassas .....	26
2.5 Classificação quanto à forma de preparo ou fornecimento.....	27
2.5.1 Argamassa preparada em obra.....	27
2.5.2 Mistura semipronta para argamassa .....	27
2.5.3 Argamassas industrializadas.....	28
2.5.3.1 Argamassas secas.....	28
2.5.3.2 Argamassa úmida estabilizada.....	28
3 METODOLOGIA .....	30

3.1 Materiais .....	30
3.1.1 Areia .....	30
3.1.1.1 Distribuição granulométrica.....	30
3.1.1.2 Massa específica .....	32
3.1.2 Cimento .....	33
3.1.3 Aditivos .....	33
3.2 Métodos.....	34
3.2.1 Preparo da argamassa.....	34
3.2.2 Moldagem dos corpos-de-prova.....	34
3.2.3 Determinação do índice de consistência.....	34
3.2.4 Teor de ar incorporado.....	35
3.2.5 Determinação da resistência potencial de aderência à tração.....	35
3.2.6 Determinação da absorção de água por capilaridade .....	37
3.2.7 Ensaios de caracterização mecânica: Resistência à compressão axial.....	38
3.2.8 Ensaios de caracterização mecânica: Resistência à tração na flexão.....	38
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	40
4.1 Caracterização granulométrica da areia.....	40
4.2 Preparo da argamassa e características no estado fresco.....	40
4.3 Moldagem dos corpos-de-prova.....	43
4.4 Ensaio de absorção de água por capilaridade .....	44
4.5 Ensaios de caracterização mecânica .....	45
4.6 Argamassa estabilizada.....	48
CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
APÊNDICES.....	58
APÊNDICE A – Resultados do peneiramento da areia .....	59
APÊNDICE B – Módulo de finura.....	60
APÊNDICE C – Resultados do ensaio de capilaridade .....	61
APÊNDICE D – Resultados do ensaio de resistência à tração na flexão .....	62
APÊNDICE E – Resultados do ensaio de resistência à compressão axial .....	64
APÊNDICE F – Resultados de absorção de água por capilaridade .....	66
APÊNDICE G – Resultados do ensaio de tração na flexão da argamassa estabilizada.....	67
APÊNDICE H – Resultados do ensaio de compressão axial da argamassa estabilizada.....	68
APÊNDICE I – Resultados de resistência potencial de aderência à tração.....	69

## 1 INTRODUÇÃO

Após uma época bastante aquecida na indústria da construção civil, o Brasil vem sofrendo atualmente com uma desaceleração no ramo. Para driblar as crises, cada vez mais os engenheiros devem saber gerenciar suas obras para tornar os processos mais eficientes e cumprir metas de custos, prazos e qualidade. Além de investir em mão de obra qualificada, é preciso buscar novas tecnologias, materiais alternativos e ferramentas que auxiliem organização e gerenciamento das obras, satisfazendo as necessidades requeridas em projeto e facilitando a organização e o trabalho no canteiro.

Aliado a isso, há também uma grande mobilização mundial a favor da sustentabilidade e controle de poluentes e resíduos da construção, o que vem se tornando uma forte tendência e atraindo a atenção de construtores e clientes nas principais economias mundiais.

Em decorrência desses avanços, universidades, empresas e laboratórios investem na área de tecnologia dos materiais, buscando um aumento de eficiência, aliado à atratividade financeira e confiabilidade. Nos últimos anos, têm surgido inúmeras pesquisas buscando encontrar e comprovar a eficácia de novos materiais ou componentes seja criando misturas ou apenas tentando aprimorar produtos já existentes.

Como exemplo, temos a ainda recente introdução das argamassas úmidas estabilizadas no mercado brasileiro, que nessa última década tem contribuído para melhorar a qualidade e produtividade dos serviços, a racionalização do trabalho no canteiro de obras e na redução de resíduos. Esse é um produto já usado em larga escala em países da Europa e vem sendo estudado por empresas brasileiras que tentam implantá-lo num mercado ainda desconfiado, pois, por ser pouco conhecido, ainda não possui uma grande quantidade de trabalhos a seu respeito.

Caso o produto cumpra com suas promessas, será um passo muito importante no mercado de insumos, tanto para as obras grandes quanto para as menores, tendo em vista que facilitará e agilizará todos os processos envolvendo a argamassa.

## **1.1 Área e limitação do tema**

Realizado na área de materiais de construção, este trabalho limita-se a analisar as propriedades das argamassas úmidas estabilizadas, tanto no estado fresco como após o intervalo de tempo pré-estabelecido de 36 horas.

## **1.2 Justificativa**

A argamassa estabilizada é um produto que chega às obras pronto para o uso, sendo de fácil manuseio e tornando o trabalho mais ágil e prático. É uma solução que traz economia de mão de obra, já que elimina qualquer tipo de mistura do canteiro de obras, torna o espaço mais limpo e organizado, pois não há armazenamento de materiais no canteiro, auxilia na redução de desperdícios e maior rendimento.

É um produto fabricado em usina, com o mínimo possível de interferência humana, tendo, desta forma, maior precisão e qualidade, e, como qualquer outra argamassa, pode ser utilizada no assentamento e revestimento de estruturas.

A promessa da maioria das empresas é de que ela mantém suas propriedades no estado fresco dentro do prazo de 36 horas. Sendo assim, a intenção deste trabalho é testar essas propriedades e verificar se o produto é realmente vantajoso em relação às argamassas produzidas in loco.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo geral**

Analisar as propriedades de argamassas estabilizadas produzidas com diferentes marcas de aditivos enquanto frescas e após o período estipulado em 36 horas.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Analisar as propriedades das argamassas no estado fresco;

- Analisar as propriedades das argamassas no estado endurecido;
- Analisar a resistência à tração e compressão de corpos de prova das argamassas no estado endurecido;
- Verificar e comparar o desempenho dos corpos de prova de argamassas após os períodos pré-estabelecidos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Argamassa

Argamassas são materiais de construção homogêneos obtidos através da mistura de aglomerantes, agregado miúdo e água, podendo conter também aditivos e adições minerais, e possui propriedades de aderência e endurecimento. São utilizadas principalmente no assentamento e revestimento de alvenarias, contrapisos e rejuntamento de revestimentos de cerâmica (CARASEK, 2007).

Segundo Recena (2008), entre suas funções podemos ressaltar:

- Impermeabilizante para o substrato de aplicação;
- Garante bom acabamento ao revestimento;
- Absorve as deformações naturais da estrutura;
- Regulariza e/ou protege mecanicamente os substratos constituídos por sistemas de impermeabilização ou isolamento termoacústico;
- Une solidariamente os elementos que compõem a alvenaria;
- Garante a adesão de elementos cerâmicos ao substrato;
- Distribui de forma uniforme os esforços da alvenaria;
- Garante a impermeabilidade das alvenarias sem revestimentos.

Para cada finalidade há um traço correto a ser utilizado, com intenção de conferir ao produto as características necessárias. Segundo Fiorito (2009, p. 29), “entende-se por traço de uma argamassa a indicação das proporções de seus componentes”. Estas quantidades são dadas em volumes e para fazer um traço correto é necessário conhecer as características de cada material empregado, como teor de umidade, massa específica real dos grãos e massa específica aparente.

Conforme Baía e Sabbatini (2008), além destas características, outros fatores importantes a serem levados em conta são:

- As condições de exposição da argamassa, tanto como revestimento quanto como assentamento;
- As características da base de aplicação;
- As propriedades requeridas para a argamassa;

- As condições da produção e do controle da argamassa.

## 2.2 Componentes das argamassas

Cada um dos materiais utilizados na composição da argamassa apresenta características próprias que interferem nas propriedades da mistura, tanto em estado fresco quanto endurecido, devendo ser consideradas no momento da dosagem e formulação do traço. Sendo assim, devemos saber qual a função e importância de cada um para termos uma mistura adequada. Na tabela 1, encontram-se alguns desses aspectos.

**Tabela 1 - Aspectos a serem considerados na definição do traço**

<b>Materiais</b>	<b>Aspectos a serem considerados na composição e dosagem</b>
Cimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de cimento (característica) e classe de resistência;</li> <li>• Disponibilidade e custo;</li> <li>• Comportamento da argamassa produzida com o cimento;</li> </ul>
Cal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de cal;</li> <li>• Forma de produção;</li> <li>• Massa unitária;</li> <li>• Disponibilidade e custo;</li> <li>• Comportamento da argamassa produzida com cal;</li> </ul>
Areia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granulometria;</li> <li>• Dimensões do agregado;</li> <li>• Forma e rugosidade superficial dos grãos;</li> <li>• Massa unitária;</li> <li>• Inchamento;</li> <li>• Impurezas orgânicas;</li> <li>• Comportamento da argamassa produzida com areia;</li> </ul>
Água	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Características dos componentes da água, quando essa não for potável;</li> </ul>
Aditivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de aditivo (características);</li> <li>• Finalidade;</li> <li>• Comportamento da argamassa produzida com a adição;</li> <li>• Disponibilidade, manutenção das características e custo.</li> </ul>

Fonte: Baía e Sabbatini, 2008.

### **2.2.1 Cimento Portland**

“O cimento é um pó fino com propriedades aglutinantes, que endurece sob a ação da água, sendo, portanto, um aglomerante hidráulico. Depois de endurecido, mesmo sob a ação da água, não se decompõe mais” (AMBROZEWICZ, 2012, p.76).

Seu módulo de finura tem grande influência na aderência da argamassa: “[...] quanto mais fino o cimento, maior a resistência de aderência obtida [...]” (CARASEK, 2007, p. 889). Porém, esta mesma característica pode elevar a retração e fissuração da argamassa. O cimento Portland é o responsável pela resistência conferida à mistura, pelo aumento na aderência, trabalhabilidade e retenção de água.

### **2.2.2 Cal**

A cal é a parte aglomerante da argamassa, extraída a partir de rochas calcárias e após passar por britagem, classificação e moagem, é levada para um forno de calcinação, onde fica exposta a temperaturas que atingem os 900°C. Este processo resulta em uma cal virgem, que ainda necessitada de hidratação para ser utilizada como aglomerante.

Uma das propriedades mais importantes da cal é a retenção de água, que evita “a perda excessiva de água de amassamento da argamassa, por sucção, para os blocos ou tijolos. [ ]. Esta propriedade é, também, importante por prolongar o tempo no estado plástico da argamassa fresca [...]” (AMBROZEWICZ, 2012, p. 71).

Outra característica relevante da cal é sua propriedade plastificante, devido à sua finura. Segundo Carasek (2007, p. 890), “dessa forma, as argamassas contendo cal preenchem mais facilmente e de maneira mais completa toda a superfície do substrato, propiciando maior extensão de aderência.”.

### **2.2.3 Areia**

A areia é o material utilizado como agregado miúdo na argamassa. Geralmente utiliza-se areia natural que é extraída de jazidas de rios através de sucção. Este material recolhido é depositado na margem do próprio rio, onde pode ser peneirado e classificado quando necessário.



Conforme Carasek (2007, p. 891), “areias muito grossas não produzem argamassas com boa capacidade de aderir porque prejudicam a sua trabalhabilidade e, conseqüentemente, a sua aplicação ao substrato, reduzindo a extensão de aderência”. Entretanto, ainda conforme a autora, uma granulometria mais grossa, mas que ainda permita uma boa trabalhabilidade, garante que haja mais resistência de aderência.

#### **2.2.4 Água**

A água é um elemento fundamental na mistura de argamassas, sendo grande responsável pela trabalhabilidade do produto. A quantidade empregada depende diretamente da granulometria do agregado miúdo que é utilizado e também está relacionada a propriedades como:

- Resistência;
- Impermeabilidade;
- Retração.

Preferencialmente deve ser potável, pois a presença de sais e materiais orgânicos causam alterações nas reações químicas da argamassa e podem apresentar patologias futuramente, como manchas no revestimento.

Segundo Ambrosewicz, (2012, p. 102), “a água utilizada para o amassamento dos aglomerantes [...], não pode conter impurezas e ainda estar dentro dos parâmetros recomendados pelas normas técnicas, a fim de que garantam a homogeneidade da mistura”. Por isso, está em vigor atualmente no Brasil a ABNT NBR 15.900:2009 - Água para amassamento do concreto – Requisitos, que também pode ser utilizada para argamassas, e contém procedimentos que devem ser tomados para a análise das propriedades da água e especifica os requisitos para que a mesma seja considerada adequada ou não ao uso.

#### **2.2.5 Aditivos e/ou adições**

Tanto aditivos como adições são utilizados em pequena quantidade em relação aos demais materiais, sendo empregados para alterar ou intensificar certas

propriedades do produto final. As adições são utilizadas em argamassas industrializadas, devido à dificuldade de se fazer uma mistura adequada no canteiro.

Os aditivos mais utilizados em obra são os redutores de água, incorporadores de ar e retardadores de pega. Conforme Recena (2008), os aditivos incorporadores de ar são utilizados como impermeabilizantes ou redutores de água. Eles formam pequenas bolhas de ar na massa, que quando se incorporam ao aglomerante, causam um aumento no volume da mistura e aumentam também a trabalhabilidade.

## **2.3 Propriedades da argamassa**

Segundo Baía e Sabbatini (2008), o entendimento das propriedades das argamassas e dos fatores que as influenciam permitem prever o comportamento da argamassa em suas diferentes formas de uso.

### **2.3.1 Propriedades no estado fresco**

#### **2.3.1.1 Massa específica e teor de ar incorporado**

A massa específica da argamassa é a relação entre a sua massa e volume e varia conforme o teor e ar incorporado e a dimensão dos agregados utilizados.

“Teor de ar incorporado é a quantidade de ar existente em um certo volume de argamassa” (BAÍA e SABBATINI, 2001, p. 15).

Esta propriedade é estabelecida através de métodos especificados na ABNT NBR 13.278:2005 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado.

#### **2.3.1.2 Trabalhabilidade**

“Trabalhabilidade é a propriedade das argamassas no estado fresco que determina a facilidade com que elas podem ser misturadas, transportadas, aplicadas, consolidadas e acabadas, em uma condição homogênea” (CARASEK, 2007, p.875).

A trabalhabilidade garante que haja condições para que a argamassa seja facilmente aplicada, seja para assentamento ou revestimento. Desta forma, ela deve ser ajustada à forma de aplicação, sendo que uma argamassa que será projetada através de bombeamento e mangote deve ser muito mais fluida do que uma que será aplicada manualmente por um pedreiro. Da mesma forma, deverá apresentar trabalhabilidades diferentes se tiver como finalidade o revestimento ou assentamento (RECENA, 2007).

Esta propriedade também é relacionada com a adesão inicial, pois se não possuir consistência ideal não poderá ser aplicada corretamente, influenciando também outras características importantes do estado endurecido. Além disso, segundo Carasek (2007), é uma resultante da conjunção de diversas outras propriedades, que são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2 - Propriedades relacionadas com a trabalhabilidade**

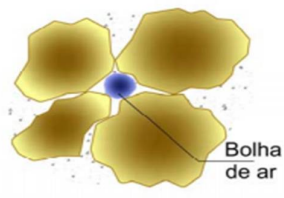
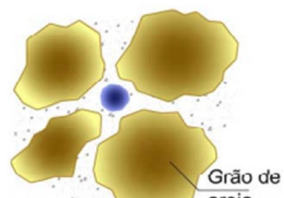
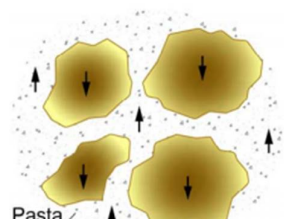
<b>Propriedades</b>	<b>Definição</b>
Consistência	É a maior ou menor facilidade da argamassa deformar-se sob ação de cargas.
Plasticidade	É a propriedade pela qual a argamassa tende a conservar-se deformada após a retirada das tensões de deformação.
Retenção de água e de consistência	É a capacidade de a argamassa fresca manter sua trabalhabilidade quando sujeita a solicitações que provocam a perda de água.
Coesão	Refere-se às forças físicas de atração existentes entre as partículas sólidas da argamassa e as ligações químicas da pasta aglomerante.
Exsudação	É a tendência de separação da água (pasta) da argamassa, de modo que a água sobe e os agregados descem pelo efeito da gravidade. Argamassas de consistência fluida apresentam maior tendência à exsudação.
Densidade de massa	Relação entre a massa e o volume de material.
Adesão inicial	União inicial da argamassa no estado fresco ao substrato.

Fonte: Carasek, 2007.

Conforme Carasek (2007), quando é necessário corrigir a trabalhabilidade, o único meio disponível em obra é o acréscimo de água na mistura, pois os demais componentes têm suas proporções pré-estabelecidas. Esse ajuste diz respeito à

consistência/ fluidez da argamassa, que, dessa forma, pode ser classificada como mostra a tabela 3.

**Tabela 3 - Consistência das argamassas**

C O N S I S T Ê N C I A	Argamassa Seca	A pasta aglomerante somente preenche os vazios entre os agregados, deixando-os ainda em contato. Existe o atrito entre as partículas que resulta em uma massa áspera.	 Bolha de ar
	Argamassa Plástica	Uma fina camada de pasta aglomerante “molha” a superfície dos agregados, dando uma boa adesão entre eles com uma estrutura pseudo-sólida.	 Grão de areia
	Argamassa Fluida	As partículas de agregado estão imersas no interior da pasta aglomerante, sem coesão interna e com tendência de depositar-se por gravidade (segregação). Os grãos de areia não oferecem nenhuma resistência ao deslizamento, mas a argamassa é tão líquida que se espalha sobre a base, sem permitira execução adequada do trabalho.	 Pasta

Fonte: Carasek, 2007.

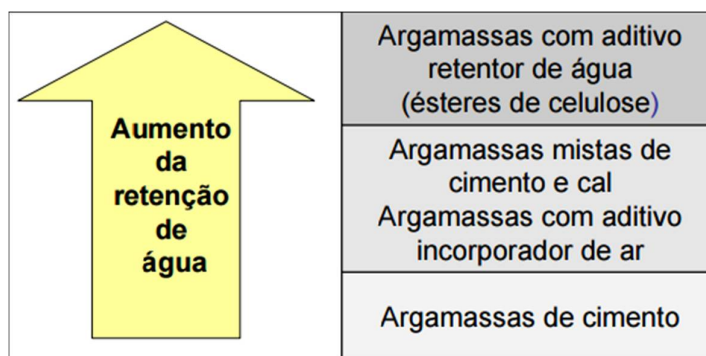
### 2.3.1.3 Retenção de água

Segundo Baía e Sabbatini (2008, p. 17), “representa a capacidade da argamassa de reter a água de amassamento contra a sucção da base ou contra a evaporação”.

Assim, quando há uma lenta evaporação de água e simultaneamente um aumento progressivo no ganho de resistência, pode-se garantir que haja uma correta estruturação do material, “minimizando a diminuição de volume e a probabilidade de instalação de processos de fissuração” (RECENA, 2008, p.45).

A retenção de água da argamassa pode ser determinada conforme procedimento estabelecido pela ABNT NBR 13.277:2005 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. É um fator importante quando as condições climáticas não são favoráveis à aplicação da argamassa e pode ser intensificado com o uso de aditivos retentores de água. Outro aspecto que influencia nesta característica é o tipo de argamassa, como demonstra a figura 1.

**Figura 1 - Variação da retenção de água para diferentes argamassas**



Fonte: Carasek, 2007.

#### 2.3.1.4 Aderência inicial

Conforme Carasek (2007), aderência inicial é a capacidade da argamassa de se unir ao substrato no estado fresco. Sendo assim, quando for lançada à parede, por exemplo, “a argamassa deve se fixar imediatamente à superfície, sem escorrer ou desprender, permitindo manipulações que visam espalhá-la e acomodá-la corretamente, além de garantir o contato efetivo entre os materiais” (CARASEK, 2007, p. 872).

Outra característica importante que influencia na aderência, é a capacidade das argamassas em reter água, pois evita o deslocamento do revestimento das paredes e “garantindo a homogeneidade das alvenarias pela manutenção da união dos vários elementos que a compõem na formação de um todo compacto” (RECENA, 2008, p. 45).

### **2.3.1.5 Retração na secagem**

“A retração é resultado de um mecanismo complexo, associado com a variação de volume da pasta aglomerante e apresenta papel fundamental no desempenho das argamassas aplicadas, especialmente quanto à estanqueidade e à durabilidade” (CARASEK, 2007, p. 884).

Um dos fatores que influencia muito na retração é o teor de água da mistura, pois, aumentando-se o volume de água, conseqüentemente diminui a quantidade necessária de agregados e isto aumenta a possibilidade de ocorrer fissuração.

Segundo Recena (2008, p. 99), este é um “fenômeno diretamente ligado ao movimento da água no interior da pasta com a qual foi formada ou desta para o exterior”.

Ocorre quando há uma grande e rápida evaporação da água de amassamento na argamassa e também pela ação da hidratação do cimento Portland e da cal. Esta característica é inversa a de retenção de água e pode causar a formação de fissuras, sendo elas prejudiciais ou não.

Conforme Baía e Sabbatini (2008), as argamassas ricas em cimento são as que estão mais sujeitas às tensões responsáveis pelas fissuras prejudiciais durante o processo de secagem, além do aparecimento de trincas e descolamentos do revestimento após o endurecimento.

## **2.3.2 Propriedade no estado endurecido**

### **2.3.2.1 Capacidade de aderência**

É uma característica importante quando a argamassa está sendo utilizada para assentamento, pois é esta camada de material que absorverá as tensões de cisalhamento e tração impostas às paredes.

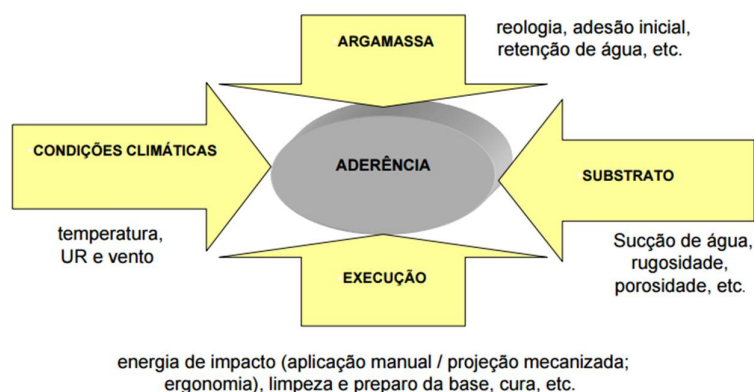
Carasek (2007) aponta a influência que os materiais empregados na mistura da argamassa causam na aderência:

- Cimento – O tipo e as suas características físicas influenciam na aderência. O melhor exemplo para isto é a finura do cimento, que quanto mais fino for, maior a resistência de aderência apresentada. Dessa forma, cimentos de maior

resistência, como o CP V – ARI se mostram melhores que os demais. Porém, justamente por serem muito finos, cimentos de alta resistência podem elevar a ocorrência de retração e fissuração do revestimento argamassado.

- Cal – confere uma durabilidade de aderência à argamassa, por possuir um aspecto conhecido como reestabelecimento ou reconstituição autógena, que faz com que a presença dela na argamassa evite fissuras e preencha os vazios, através da reação de carbonatação que ocorre com o decorrer do tempo.
- Areia – O aumento no teor de areia da argamassa causa uma redução na resistência de aderência. Contudo, a areia também garante a durabilidade da aderência através de diminuição na retração. Quando a areia é muito grossa, não produz uma argamassa com boa capacidade de aderência, pois prejudica a trabalhabilidade e, conseqüentemente, a sua aplicação e areias com altos teores de finos (partículas menores que 0,075mm) podem prejudicar a aderência. Portanto, para garantir uma boa aderência, a areia deve possuir uma distribuição granulométrica contínua.

**Figura 2 - Fatores que influenciam na aderência da argamassa**



Fonte: Carasek, 2007.

### 2.3.2.2 Capacidade de absorver deformações

“Em geral, as argamassas são usadas para unir ou revestir elementos fabricados com materiais de diferentes naturezas e, conseqüentemente, diferentes comportamentos com relação à capacidade de absorção de água e à deformação”

(RECENA, 2007, p. 46). Portanto, conforme Baía e Sabbatini (2008, p.22), a capacidade de absorver deformações “é a propriedade do revestimento de suportar tensões sem romper, sem apresentar fissuras prejudiciais e sem perder a aderência”. Estas deformações podem ser de diferentes amplitudes, sendo que apenas as menores são absorvidas pelo revestimento, tais como as provenientes da ação da umidade ou temperatura.

Ainda segundo Baía e Sabbatini (2008), a capacidade de absorver deformações depende:

- Do módulo de deformação da argamassa;
- Da espessura das camadas;
- Das juntas de trabalho do revestimento;
- Da técnica de execução.

### **2.3.2.3 Resistência mecânica**

A argamassa deve apresentar resistência à compressão inicial suficiente para permitir o assentamento da alvenaria e também ter um aumento de resistência ao longo do tempo. Porém, segundo Carasek (2007, p. 869), “[...] a resistência da argamassa não deve nunca ser superior à resistência dos blocos. Isso ocorre porque a argamassa exerce pouca influência na resistência à compressão da alvenaria”.

Também é uma característica que varia conforme a finalidade do produto, sendo que para uma argamassa de recuperação estrutural “a resistência mecânica torna-se um elemento de projeto de fundamental importância” (RECENA, 2007, p.55). Já no caso de argamassas de assentamento ou revestimento, este é um fator secundário.

### **2.3.2.4 Permeabilidade**

Esta é uma característica que “está relacionada à passagem de água pela camada de argamassa, que é um material poroso e permite a percolação de água tanto no estado líquido como no de vapor” (BAÍA E SABBATINI, 2008, p. 25).

Ainda conforme os autores, como revestimento, a argamassa deve garantir estanqueidade à estrutura, impedindo a percolação de água. Porém, ser permeável



ao vapor de água, favorecendo a secagem da umidade de infiltração ou proveniente de áreas úmidas ou molhadas.

“É a propriedade que está relacionada com a função de estanqueidade da parede, muito importante quando se trata de revestimentos de fachada, [...], pois o revestimento tem como função proteger o edifício da infiltração de água” (CARASEK, 2007,p.872).

A infiltração de água nas paredes é causadora de diversos problemas, pois compromete a higiene e saúde das pessoas que utilizam a edificação, a estética do edifício e também está diretamente associada a manifestações patológicas comuns, como eflorescências, manchas de bolor e mofo e descolamento.

### **2.3.2.5 Durabilidade**

É o que reflete a qualidade e o desempenho do revestimento diante da exposição às ações do meio em que se encontra ao longo do seu tempo de vida útil.

Segundo Recena (2007, p. 39), pode ser entendido como “a capacidade de uma argamassa em manter sua estabilidade química e física ao longo do tempo em condições normais de exposição a um determinado ambiente”. Para que isto seja válido, a argamassa deve estar submetida apenas às solicitações que foram consideradas no seu projeto e, neste, devem ser consideradas as condições de agressividade do meio onde estará exposta. “Condições especiais de agressividade de um determinado meio exigirão o emprego de argamassas especiais dosadas para resistir à ação específica dos produtos contaminantes existentes em um ambiente” (RECENA, 2007, p. 39).

Entretanto, em condições normais de ambiente e não havendo sobrecargas solicitadas à argamassa, para que haja uma boa durabilidade, deve ser levada em conta a presença e ação da umidade e sais solúveis, principalmente para argamassas de revestimento, já que estes sais solúveis, absorvidos por capilaridade juntamente com a água, destroem as argamassas e os revestimentos cerâmicos. Conforme Recena (2007, p. 40), “quanto maior a presença de umidade, tanto maior deverá ser a participação de aglomerantes hidráulicos na formação da argamassa, influenciando diretamente sua resistência mecânica e o módulo de deformação [...]”.

## 2.4 Classificações das argamassas

As argamassas podem ser classificadas de várias formas, como se pode ver na tabela 4.

**Tabela 4 - Classificação das argamassas**

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

Fonte: Carasek, 2007.

Outra classificação existente é conforme a utilização das argamassas na construção, conforme mostrado na tabela 5.

**Tabela 5 - Classificação das argamassas segundo as suas funções**

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

Fonte: Carasek, 2007.

Este trabalho se atentará a analisar profundamente apenas as argamassas classificadas como dosadas em central.

## **2.5 Classificação quanto à forma de preparo ou fornecimento**

### **2.5.1 Argamassa preparada em obra**

Segundo a NBR 13529:2005 (ABNT, 2005), “é uma argamassa simples ou mista, cujos materiais constituintes são medidos em volume ou massa e misturados na própria obra”. O grande problema desta modalidade, é que muitas vezes a dosagem é feita inadequadamente, sem acompanhamento do responsável técnico e sem medidas corretas.

### **2.5.2 Mistura semipronta para argamassa**

Conforme a NBR 13529:2005 (ABNT, 2005), é uma “mistura fornecida ensacada ou a granel, cujo preparo é completado em obra, por adição de

aglomerante (s), água, e, eventualmente, aditivos(s)". Segundo Recena (2008), "é um material largamente empregado apresentando como vantagem o menor custo frente às argamassas industrializadas, mas exigem conhecimento e cuidado para que sejam empregadas corretamente".

### **2.5.3 Argamassas industrializadas**

São argamassas de chegam na obra necessitando apenas do acréscimo de água para serem utilizadas. São feitas através de processos industriais controlados, dosadas e ensacadas. Podem ser à base de cimento Portland, conter aditivos, adições ou cal. Como agregado, utiliza-se tanto a areia natural, extraída de jazidas, como areia artificial, produzida através de britagem de rochas. Neste tipo de argamassa, as dosagens são feitas para atender a todas as finalidades e até mesmo, criam-se traços especiais para obras específicas (RECENA, 2008).

#### **2.5.3.1 Argamassas secas**

O preparo em obra se dá pela simples adição da água, pois a mistura dos materiais é feita em usinas, onde o produto final é devidamente ensacado e vendido. Entretanto, seu uso não dispensa a necessidade da definição de um traço ou então das características de desempenho do traço a ser utilizado. Outra forma de argamassa industrializada é a argamassa semipronta, que é uma mistura de cal, areia e aditivo plastificante, também realizada em usinas, restando somente a adição de cimento e água para a utilização no canteiro.

#### **2.5.3.2 Argamassa úmida estabilizada**

Argamassa úmida estabilizada é um produto industrial e seus componentes são dosados em peso e misturados com água em uma central dosadora até se obter uma mistura homogênea. Com o uso de aditivos específicos, mantém suas características em estado fresco durante longos períodos de tempo, permanecendo úmida e pronta para o uso.

Geralmente, são compostas de cimento Portland, areia, água, aditivo incorporador de ar e aditivo estabilizante. Este aditivo estabilizante é o diferencial da mistura, pois ele “tem a propriedade de permitir a estocagem dessas argamassas em mistura com a água por períodos de até 36 horas sem perda de trabalhabilidade e sem que ocorra o início de pega do cimento” (RECENA, 2008, p.97). Além disto, algumas empresas já garantem a qualidade de seus produtos por até mesmo 72 horas.

A entrega na obra é feita através de caminhões betoneiras, da mesma forma que o concreto usinado, e é armazenada dentro de caixas plásticas ou metálicas de volume conhecido. Ela permanece nestes recipientes até o momento em que será usada.

Alguns fabricantes recomendam que, quando for deixada para ser usada no dia seguinte, a caixa com argamassa receba uma camada de água com 2 ou 3 cm de espessura, para que não haja perda de água da mistura para o ambiente.

As argamassas estabilizadas têm as mesmas utilizações que as demais, e possuem um comportamento muito similar depois de aplicadas, sendo que dependem da perda de umidade para a secagem. Por isso, quando aplicadas em camadas espessas, em substratos com baixa absorção de umidade ou em condições climáticas desfavoráveis, podem levar mais tempo para a cura.

Entretanto, apesar se mostrar vantajosa, ainda vem sendo pouco utilizada quando requer algum tipo de solicitação estrutura.

Conforme Recena (2008), este tipo de argamassa pode ser considerado também como uma argamassa industrializada, pois há uma grande semelhança com as vendidas em sacos, tanto com relação aos materiais como com as proporções dos traços.

Há uma minimização de interferência humana no processo, sendo que elas são produzidas e fornecidas por centrais dosadoras, da mesma forma como os concretos usinados.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Materiais

##### 3.1.1 Areia

Todos os ensaios foram feitos com uma areia fina proveniente da cidade de Santa Maria – RS, que será caracterizada granulometricamente conforme normas brasileiras em vigor.

##### 3.1.1.1 Distribuição granulométrica

O ensaio de distribuição granulométrica dos agregados é descrito pela NBR NM 248:2003 (ABNT, 2003). Segundo a norma, devem ser utilizadas peneiras que se enquadrem nas séries especificadas na tabela 6.

**Tabela 6 - Série de peneiras**

Série Normal		Série Intermediária
75 mm		-
-		63 mm
-		50mm
37,5 mm		-
-		31,5 mm
-		25 mm
19 mm		-
-		12,5 mm
9,5 mm		-
-		6,3 mm
<b>4,75 mm</b>		-
<b>2,36 mm</b>		-
<b>1,18 mm</b>		-
<b>600 µm</b>		-
<b>300 µm</b>		-
<b>150 µm</b>		-

Fonte: ABNT, 2003.

Para o ensaio, serão utilizadas as peneiras de 4,75mm à 150 µm da série normal, conforme a figura 3.

**Figura 3 – Série de peneiras utilizadas na caracterização da areia**



Fonte: Autor, 2015.

Para estas peneiras, a norma estabelece que a amostra mínima de agregado ensaiado seja de 0,3Kg.

Dessa forma, as amostras de ensaio serão secas em estufa e posteriormente resfriadas, até que atinjam a temperatura ambiente e suas massas serão anotadas. As peneiras serão encaixadas, sendo que a abertura da malha deverá estar em ordem crescente da base para o topo. Na parte de baixo no conjunto deverá haver um fundo adequado. A amostra de agregado será colocada sobre a peneira superior e o conjunto receberá uma tampa, para que não haja perda de material durante a agitação. Após, o conjunto será agitado de forma manual ou mecanicamente.

A peneira superior será retirada e o material nela retido será pesado e armazenado. O mesmo procedimento será repetido com as demais peneiras. Assim, será determinada a massa total de material retido em cada peneira e também no fundo, sendo que o resultado será calculado em porcentagem. Também será possível determinar o módulo de finura do material.

### 3.1.1.2 Massa específica

O ensaio de massa específica, através do método de Chapman, é descrito pela norma NBR 9776:1987 (ABNT, 1987). Conforme a norma, massa específica é a relação entre a massa do agregado seco e o seu volume, incluindo os poros impermeáveis. Neste ensaio, será utilizada uma amostra seca de areia e um frasco de vidro graduado, composto de dois bulbos, conforme a figura 4.

**Figura 4 - Frasco de Chapman**



Fonte: Autor, 2015.

Será colocada água no frasco até a marca de 200cm<sup>3</sup> e, em seguida, irá acrescentar-se a amostra de 500g de areia. Logo após o preenchimento, o frasco será agitado manualmente, com a intenção de eliminar as bolhas de ar. Quando as bolhas de ar tiverem sido eliminadas, será feita uma leitura do nível atingido pela água no frasco, que indicará o volume ocupado pela mistura de água e areia.

O resultado de massa específica do agregado será calculado conforme a equação 1.

$$\gamma = \frac{500}{L - 200} \quad (1)$$



Onde:

$\gamma$  – é a massa específica do agregado, expressa em g/cm<sup>3</sup>;

L – é a leitura do frasco.

### 3.1.2 Cimento

Será utilizado cimento do tipo CP II F 40, que é um cimento Portland composto com adição de calcário desenvolvido para concreteiras, indústrias e pré-fabricados em geral, não sendo comercializado em lojas, apenas entregue à granel ou embalagens de 50kg diretamente na concreteiras ou fábrica.

É um aglomerante que apresenta excelente desempenho nos concretos em geral e apresenta elevadas resistências mecânicas iniciais e finais, permitindo que a desforma seja mais rápida. Por suas características, é altamente indicado para o emprego em concretos convencionais e pré-fabricados em geral.

### 3.1.3 Aditivos

Para a realização dos ensaios, serão utilizados 16 diferentes aditivos, sendo 8 incorporadores de ar e 8 plastificantes listados na tabela 7.

**Tabela 7 - Relação de aditivos utilizados**

<b>Traço</b>	<b>Aditivo aerante</b>	<b>Aditivo plastificante</b>
I	Master Builders EXPA Polifuncional 701	Master Builders EXPA Polifuncional 702
II	Master Builders EXPA Polifuncional 703	Master Builders EXPA Polifuncional 704
III	Centripor 411 BR	Centripor Retard 225
IV	Rheo Set Tec Nol	Rheo Set Eco Tec Mix
V	Matchem AE 10	Matchem AE 20H
VI	Matchem AE 10	Matchem AE 20
VII	Sika AE 202	Sika AE 720
VIII	Grace Mortard A2	Grace Mortard R

Fonte: Autor, 2015.

## **3.2 Métodos**

Para a obtenção dos resultados desejados, serão realizados diversos ensaios de caracterização no estado fresco e endurecido da argamassa, todos conforme as normas da ABNT.

### **3.2.1 Preparo da argamassa**

O preparo das argamassas para ensaios deverá ser conforme especificado na NBR 13276:2005.

A massa de água deverá ser pesada e colocada em um recipiente misturador. Após, os aditivos e o material seco deverão ser colocados de modo contínuo e o misturador deverá ser acionado, misturando conforme indicações da norma, por períodos de tempo específicos.

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

Os corpos de prova utilizados nos ensaios serão moldados em prismas de 40x40x160mm e cilindros com 100 mm de altura e 50 mm de diâmetro.

### **3.2.3 Determinação do índice de consistência**

Segundo Carasek (2007), a consistência da argamassa está relacionada com sua capacidade de maior ou menor deformação sob a ação de cargas.

O método de ensaio para “determinação do índice de consistência da argamassa a ser utilizada na realização de ensaios necessários à caracterização do material” (ABNT, 2005, p. 1), está descrito na NBR 13276:2005.

Para a determinação do índice de consistência, logo após o preparo da argamassa, deverá ser preenchido um molde tronco-cônico com a mesma, colocado em três camadas de alturas aproximadamente iguais, sobre uma mesa ideal para o ensaio. Em cada camada, deverão ser aplicados, respectivamente, 15, 10 e 5 golpes com um soquete, a fim de distribuí-las uniformemente. A manivela da mesa deverá

ser acionada, de modo que a mesa suba e caia 30 vezes em 30 segundos de maneira uniforme.

Após a última queda, o espalhamento do molde tronco-cônico original de argamassa deverá ser medido com o auxílio de um paquímetro. Estas medidas deverão ser realizadas em três diâmetros tomados em pares de pontos uniformemente distribuídos ao longo do perímetro e as medidas serão registradas.

O resultado do índice de consistência da argamassa será a média destas três medidas de diâmetro, expressa em mm.

### **3.2.4 Teor de ar incorporado**

O ensaio de teor de ar incorporado consiste em colocar argamassa em uma proveta graduada até a marca de 100ml. Acrescentar uma mistura de 40ml de Álcool Etilíco Hidratado 92,8 INPM (Álcool 96° GL) e 60ml de água. Então, registra-se a medida inicial e agita-se manualmente a proveta por aproximadamente 60 segundos. Após a agitação, anota-se o novo valor encontrado e o índice de teor de ar incorporado será calculado através da equação 2.

$$\text{Teor de ar (\%)} = \frac{X_1 - X_2}{X_1} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

$X_1$  – Medida inicial encontrada;

$X_2$  – Medida após agitação manual.

### **3.2.5 Determinação da resistência potencial de aderência à tração**

Resistência de aderência à tração é uma propriedade da interface entre argamassa e substrato, ponto onde podem ocorrer rupturas e desprendimentos, debilitando a estrutura (CARASEK, 2007).

O ensaio, descrito na NBR 15258:2005 (ABNT, 2005), “estabelece o método para determinação da resistência potencial de aderência à tração de argamassas para revestimento de paredes e tetos”. A norma ressalta que os resultados obtidos não caracterizam o desempenho da argamassa no sistema construtivo.

Para a realização do ensaio, um substrato padrão, especificado pela NBR 14081-2:2015, deverá ser colocado na posição horizontal, sobre uma base plana e firme, com sua superfície limpa, e um gabarito de material não absorvente deverá ser fixado nele.

Deverão ser aplicadas camadas de argamassa, conforme especificado pela norma, e a superfície deverá ser rasada, para que tenha um acabamento uniforme. Os substratos revestidos deverão permanecer as primeiras 24 h na posição horizontal.

Serão realizados cortes na argamassa, delimitando os corpos-de-prova, a partir de três dias antes da data de ruptura, sendo que esta será realizada na idade de 28 dias. Após o corte, a superfície do corpo-de-prova será limpa e deverá ser aplicada cola na pastilha ou na argamassa. A pastilha deverá ser pressionada para que haja total espalhamento da cola.

No ensaio, o equipamento de tração será acoplado na pastilha e será aplicado um esforço de tração perpendicular ao corpo-de-prova, até a ruptura do mesmo. A carga de ruptura será anotada e o corpo-de-prova será medido com o auxílio de um paquímetro, a fim de se conhecer sua área superficial. Serão ensaiados dez corpos-de-prova.

Com os resultados deste ensaio, deverá ser preenchida uma planilha, especificada pela norma, e a resistência potencial de aderência à tração de cada corpo-de-prova será calculada pela equação 3.

$$R_i = \frac{P_i}{A_i} \quad (3)$$

Onde:

$R_i$  é a resistência potencial de aderência à tração, em MPa;

$P_i$  é a carga de ruptura, em N;

$A_i$  é a área do corpo-de-prova, em mm<sup>2</sup>.

Os valores de resistência encontrados devem atender ao estabelecido na NBR 13.749:2013, conforme a tabela 8.

**Tabela 8 - Limites de resistência de aderência à tração para emboço e camada única**

Local		Acabamento	$R_i$ (MPa)
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,20$
		Cerâmica ou laminado	$\geq 0,30$
	Externa	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,30$
		Cerâmica	$\geq 0,30$
Teto			$\geq 0,20$

Fonte: ABNT, 2013.

### 3.2.6 Determinação da absorção de água por capilaridade

É a NBR 15259:2005 (ABNT, 2005), que “estabelece o método para determinação da absorção de água por capilaridade da argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos, no estado endurecido”.

Neste ensaio, serão utilizados três corpos-de-prova, que serão moldados conforme a NBR 13279:2005, e ensaiados aos 28 dias de idade.

Eles terão a superfície lixada, com lixa grossa, e terão esta superfície colocada em contato com a água. A massa de cada corpo-de-prova deverá ser conferida antes do ensaio e após tempos específicos determinados pela norma.

O resultado da absorção de água por capilaridade para cada tempo será calculado conforme a equação 4.

$$A_t = \frac{m_t - m_0}{16} \quad (4)$$

Onde:

$A_t$  é a absorção de água por capilaridade, para cada tempo, em g/cm<sup>2</sup>;

$m_t$  é a massa do corpo-de-prova em cada tempo, em gramas;

$m_0$  é a massa inicial do corpo-de-prova, em g;

$t$  corresponde aos tempos de 10 minutos e 90 minutos, em s;

16 é a área do corpo-de-prova, em cm<sup>2</sup>.

### 3.2.7 Ensaio de caracterização mecânica: Resistência à compressão axial

Este ensaio seguirá as recomendações da NBR 13279:2005 (ABNT, 2005), e feito com corpos-de-prova prismáticos, com dimensões de 40x40x160mm.

A moldagem dos corpos-de-prova será feita logo após o preparo da argamassa, sendo que o molde será preenchido com duas camadas de argamassa e cada uma receberá 30 golpes em uma mesa de adensamento. Os corpos-de-prova serão rasados com régua metálica e permanecerão por 3 dias dentro dos moldes. Após este período, serão retirados e mantidos em cura até a idade de 28 dias, quando serão rompidos, primeiramente, à tração na flexão. Após esse ensaio, cada metade rompida será submetida ao ensaio de resistência à compressão axial.

A resistência à compressão de cada CP será calculada através da fórmula 5.

$$R_c = \frac{F_c}{1600} \quad (5)$$

Onde:

$R_c$  – é a resistência à compressão, em Mpa;

$F_c$  – é a carga máxima aplicada, em N;

1600 – área da seção do dispositivo de ensaio, em mm<sup>2</sup>.

### 3.2.8 Ensaio de caracterização mecânica: Resistência à tração na flexão

Estabelecido através da NBR 13279:2005 (ABNT, 2005), que determina a “resistência à tração na flexão [...] de argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos”.

Serão moldados 3 CPs de argamassa e ensaiados na idade de 28 dias. O Corpo-de-prova será posicionado na máquina na posição horizontal e será aplicada carga até a ruptura do mesmo.

A resistência à compressão de cada será calculada utilizando-se a equação 6.

$$R_f = \frac{1,5F_f L}{40^3} \quad (6)$$

Onde:

$R_f$  é a resistência à tração na flexão, em MPa;

$F_f$  é a carga aplicada verticalmente no centro do CP, em N;

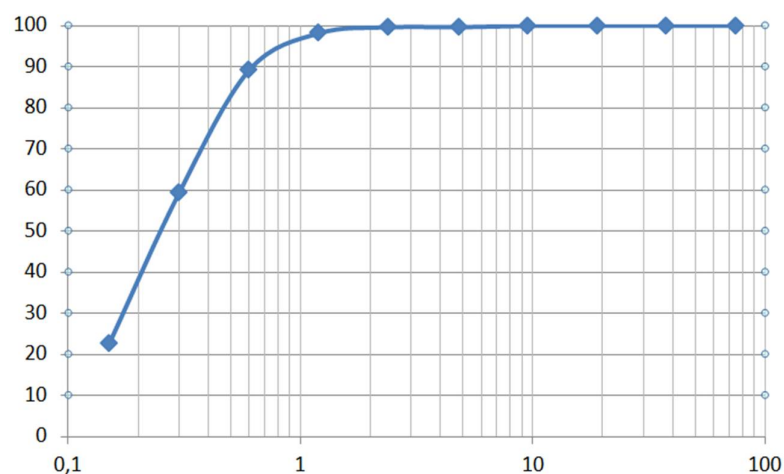
$L$  é a distância entre os suportes do aparelho, em mm.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 Caracterização granulométrica da areia

A areia utilizada foi seca em estufa e peneirada, utilizando-se peneiras da série normal, com abertura igual e menor que 4,75mm. Dessa forma, foi possível criar uma curva de granulometria básica para a areia, conforme a figura 5.

**Figura 5 - Curva granulométrica da areia utilizada**



Fonte: Autor, 2015.

Como dimensão máxima característica da areia, que é associada à distribuição granulométrica da mesma, correspondente à abertura nominal da malha da peneira na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa, encontrou-se o valor de 1,2 mm, como é apresentado no APÊNDICE A.

Já o módulo de finura encontrado, que é a soma das porcentagens retidas acumuladas em massa da areia, nas peneiras da série normal, dividida por 100, é de 1,52, caracterizando uma areia fina, conforme valores demonstrados no APÊNDICE B.

### 4.2 Preparo da argamassa e características no estado fresco

Primeiramente, foram feitos oito diferentes tipos de argamassas, utilizando como base o mesmo traço, apresentado na tabela 9, porém, diferentes aditivos



(descritos na tabela 7), e diferentes quantidades de água, a fim de se obter um adequado índice de consistência.

O traço em questão foi elaborado com base em outros trabalhos e traços comerciais utilizados na região.

**Tabela 9 - Traço utilizado para fabricação de 4kg de argamassa**

<b>Cimento (g)</b>	<b>Pozolana (g)</b>	<b>Areia (g)</b>	<b>Água (ml)</b>	<b>Aditivos totais (ml)</b>	<b>Aditivo aerante (ml)</b>	<b>Aditivo estabilizador (ml)</b>
820	160	4.900	987	8,0	2,7	5,3

Fonte: Autor, 2015.

A argamassa foi produzida em argamassadeira, seguindo as recomendações da NBR 13276:2005.

Na argamassadeira foi acrescentada a massa de água, os aditivos e o material seco, nessa ordem. O misturador foi acionado, misturando conforme indicações da norma, por períodos de tempo específicos.

Após cada mistura, foi realizado ensaio para determinação do índice de consistência das argamassas, conforme a NBR 13276:2005, utilizando-se uma mesa específica para tal, apresentada na figura 6.

**Figura 6 - Ensaio de consistência da argamassa**



Fonte: Autor, 2015

Para a realização do ensaio, um molde cônico foi preenchido com argamassa em três camadas de alturas aproximadamente iguais, sendo dados 15, 10 e 5 golpes

respectivamente em cada camada, com auxílio de soquete metálico, com a intenção de distribuir uniformemente a camada. Depois de completada a última camada, o material excedente foi rasado com uma régua metálica, rente ao cone. O mesmo foi retirado e a mesa foi acionada, dando 30 golpes. Após a última queda, o diâmetro do espalhamento da argamassa foi medido com paquímetro em três sentidos diferentes e a média destas medidas foi adotada como resultado, apresentado na tabela 10. Ressalta-se que o valor desejado era de  $260\pm 5$ mm.

**Tabela 10 - Resultados do índice de consistência**

<b>Índice de consistência</b>	
Traço	Consistência (mm)
I	265
II	264
III	265
IV	260
V	265
VI	262
VII	256
VIII	265

Fonte: Autor, 2015.

Com a argamassa pronta e sabendo-se que o índice de consistência desejado foi atendido, realizou-se também ensaio de teor de ar incorporado, utilizando uma proveta graduada, representada na figura 7.

**Figura 7 - Proveta graduada para ensaio de teor de ar incorporado**



Fonte: Autor, 2015

Os resultados de teor de ar incorporado são apresentados na tabela 11.

**Tabela 11 - Resultados de teor de ar incorporado**

Traço	$X_1$	$X_2$	Teor de ar incorporado (%)
I	200	190	5,0
II	200	175	12,5
III	205	175	14,6
IV	200	170	15,0
V	195	175	10,3
VI	195	180	7,7
VII	195	170	12,8
VIII	195	170	12,8

Fonte: Autor, 2015.

### 4.3 Moldagem dos corpos-de-prova

Após os ensaios realizados, foram moldados 3 corpos de prova prismáticos, com dimensões de 40x40x160mm, para ensaio de resistência à compressão axial e

resistência à tração na flexão, e 3 corpos de prova cilíndricos, com dimensões de 50x100mm, para ensaio de capilaridade.

Para a moldagem de ambos os corpos de prova, primeiramente untou-se as fôrmas com desmoldante. Em seguida, para os CP's prismáticos, foram colocadas 2 camadas de argamassa em cada molde, e cada camada recebeu 15 golpes para acomodação. Os moldes cilíndricos foram preenchidos com 3 camadas de argamassa cada um, sendo que cada camada recebeu 30 golpes para regularização. Após, as superfícies de ambos foram rasadas e os CP's permaneceram em período de cura igual há 28 dias antes dos demais ensaios. A figura 8 exemplifica os corpos-de-prova já moldados.

**Figura 8 – Corpos-de-prova moldados**



Fonte: Autor, 2015.

#### **4.4 Ensaio de absorção de água por capilaridade**

Os corpos-de-prova cilíndricos que haviam sido moldados foram submetidos ao ensaio de capilaridade com a idade de 28 dias. Neste ensaio, os CP's tiveram sua face plana lixada, com lixa grossa, e depois foram pesados. A face lixada foi colocada em contato com a água, respeitando-se as observações da norma NBR 15.259:2005, e conforme mostra a figura 9. A partir da colocação em contato com a água, foram feitas novas pesagens de cada corpo-de-prova após os períodos de 10 minutos e 90 minutos, sendo que após a pesagem de 10 minutos eles foram imediatamente colocados de volta na água.

**Figura 9 - Ensaio de absorção de água por capilaridade**



Fonte: Autor, 2015.

Dessa forma, obtiveram-se os resultados de absorção de água por capilaridade apresentados na tabela 12 e detalhados no APÊNDICE C.

**Tabela 12 - Resultados gerais de absorção de água por capilaridade**

<b>Traço</b>	<b><math>A_t</math> Média 10 min</b>	<b><math>A_t</math> Média 90 min</b>
I	0,11	0,22
II	0,09	0,18
III	0,09	0,20
IV	0,11	0,17
V	0,09	0,18
VI	0,11	0,21
VII	0,10	0,17
VIII	0,12	0,22

Fonte: Autor, 2015.

#### **4.5 Ensaios de caracterização mecânica**

Após o período de 28 dias, cada corpo de prova prismático passou por ensaio de tração na flexão e compressão axial, conforme a NBR 13279:2004.

Primeiramente, os CP's passaram pelo ensaio de tração na flexão, sendo rompidos e quebrados ao meio. Depois, cada uma dessas metades foi submetida ao ensaio de compressão axial, como demonstra a figura 10.

**Figura 10 - Ensaio de tração na flexão e compressão axial**



Fonte: Autor, 2015

Os resultados são detalhados nos APÊNDICES D e E e apresentados nas tabelas 13 e 14.

**Tabela 13 - Resultados de resistência à tração na flexão**

<b>Traço</b>	<b>Resistência média (MPa)</b>	<b>Desvio absoluto máximo (MPa)</b>	<b>Nova resistência média (MPa)</b>
I	2,83	0,08	-
II	3,30	0,29	-
III	2,93	0,58	2,64
IV	1,94	0,03	-
V	3,26	0,18	-
VI	3,08	0,29	-
VII	2,56	0,28	-
VIII	2,82	0,16	-

Fonte: Autor, 2015.

**Tabela 14 - Resultados de resistência à compressão axial**

<b>Traço</b>	<b>Resistência média (MPa)</b>	<b>Desvio absoluto máximo (MPa)</b>	<b>Nova resistência média (MPa)</b>
I	7,87	0,94	8,26
II	10,63	1,89	9,97
III	8,58	1,94	9,39
IV	5,47	1,24	5,16
V	7,04	2,86	6,17
VI	5,42	1,67	5,09
VII	4,28	0,97	3,92
VIII	6,10	0,51	6,20

Fonte: Autor, 2015.

Sendo que, para a resistência à tração na flexão, os resultados são encontrados através da equação 8.

$$R_f = \frac{1,5 \times F_f \times L}{40^3} \quad (8)$$

Onde:

$R_f$  – é a resistência à tração na flexão, em MPa;

$F_f$  – é a carga aplicada verticalmente no centro do prisma, em N;

$L$  – é a distância entre os suportes, em mm.

Nesse caso, a máquina onde os ensaios foram realizados tinha  $L = 100$  mm.

Para encontrar a resistência à compressão, utiliza-se a equação 9.

$$R_c = \frac{F_c}{1600} \quad (9)$$

Onde:

$R_c$  – resistência à compressão, em MPa;

$F_c$  – carga máxima aplicada, em N;

1600 é a área da seção considerada quadrada do dispositivo de carga, em mm<sup>2</sup>.

A partir destes resultados, os traços que apresentaram melhores resultados foram refeitos, sendo eles os apresentados na tabela 15 e os aditivos utilizados mostrados na figura 11.

**Tabela 15 - Traços refeitos**

<b>Traço</b>	<b>Aditivo aerante</b>	<b>Aditivo plastificante</b>
A	Master Builders EXPA Polifuncional 703	Master Builders EXPA Polifuncional 704
B	Centripor 411 BR	Centripor Retard 225
C	Grace Mortard A2	Grace Mortard R
D	Sika AE 202	Sika AE 720

Fonte: Autor, 2015.

**Figura 11 - Aditivos utilizados para as argamassas estabilizadas**



Fonte: Autor, 2015.

#### 4.6 Argamassa estabilizada

Os quatro traços escolhidos anteriormente foram reproduzidos em betoneira, com amostra de aproximadamente 30,00 kg, seguindo as quantidades mostradas na tabela 16.

**Tabela 16 - Traços utilizados para argamassa estabilizada**

<b>Cimento (g)</b>	<b>Pozolana (g)</b>	<b>Areia (g)</b>	<b>Água (ml)</b>	<b>Aditivos totais (ml)</b>	<b>Aditivo aerante (ml)</b>	<b>Aditivo estabilizador (ml)</b>
3.600	700	21.515	4.350	45,0	15,0	30,0

Fonte: Autor, 2015.



Da mesma forma como as argamassas produzidas anteriormente, os teores de água foram ajustados com a finalidade de se encontrar o índice de consistência desejado, que é de  $260\text{mm} \pm 5\text{mm}$ . Utilizou-se a mesma proporção de materiais, apenas readequando o traço ao novo volume.

A argamassa foi feita respeitando-se os mesmo procedimentos utilizados na argamassadeira. Todos os materiais foram devidamente pesados e a areia peneirada na peneira 4,75mm.

Primeiramente, colocou-se a massa de água, os aditivos e os materiais secos, nessa ordem, na betoneira, e a mesma permaneceu ligada por aproximadamente 10 minutos para a devida mistura.

Após cada mistura, foi realizado o ensaio de consistência, teor de ar incorporado e SLUMP, demonstrado na figura 12, cujos resultados serão apresentados na tabela 16.

**Figura 12 - Ensaio de SLUMP**



Fonte: Autor, 2015.

Cada argamassa produzida permaneceu em repouso dentro de baldes de 18l, por 36 horas, coberta por uma lâmina de água de aproximadamente 2cm, conforme exemplifica a figura 13, para que não houvesse perda de água da mistura para o ambiente.

**Figura 13 - Traços A e B estabilizados**



Fonte: Autor, 2015.

No dia seguinte, depois de decorridas 36 horas da produção da argamassa, a película de água foi retirada e a argamassa foi misturada manualmente por instantes, como mostra a figura 14, com a finalidade de verificar se no fundo do balde ela também se encontrava úmida.

**Figura 14 - Argamassa úmida após o período de 36 horas**



Fonte: Autor, 2015.

Foram realizados novamente os ensaios de consistência, teor de ar incorporado e SLUMP, cujos resultados aparecem na tabela 17, juntamente com os resultados encontrados anteriormente, no período de produção da argamassa.

**Tabela 17 - Resultados dos ensaios no estado fresco das argamassas estabilizadas**

Período	0 horas				36 horas			
	A	B	C	D	A	B	C	D
<b>Traço</b>								
<b>Consistência (mm)</b>	265	263	264	263	238	222	241	223
<b>Teor de ar incorporado (%)</b>	14,6	13,9	10,0	17,5	13,6	12,2	12,5	12,5
<b>SLUMP (cm)</b>	19,0	14,0	23,0	18,0	3,5	4,5	18,0	7,0

Fonte: Autor, 2015.

Após estes ensaios, foi realizada uma nova moldagem de 3 corpos-de-prova prismáticos, com 40x40x160mm, para ensaios de compressão axial e tração na flexão e 4 corpos-de-prova cilíndricos para ensaio de capilaridade e absorção de água. As moldagens seguiram os mesmos parâmetros e procedimentos das anteriores, permanecendo em cura seca por 28 dias.

Nessa etapa, também foram moldadas placas de argamassa para ensaio de arrancamento, como mostram a figura 15. A moldagem consiste em preencher um molde de tamanho 20x40cm com várias camadas de argamassa, que deve ser pressionada sobre a placa padrão, de modo a obter um preenchimento completo, sem vazios. Após a moldagem da placa, foi feito o rasamento da superfície com régua de madeira, a fim de que a mesma ficasse irregular, facilitando a cura da argamassa por secagem. Por fim, o molde é retirado e a argamassa permanece sobre a placa padrão durante 28 dias até o ensaio de arrancamento.

**Figura 15 - Placa para ensaio de arrancamento**

Fonte: Autor, 2015.

Ao final do prazo de 28 dias, todos os corpos-de-prova foram ensaiados.

Os CP's cilíndricos foram submetidos ao ensaio de capilaridade e os resultados encontrados são apresentados no APÊNDICE F e na tabela 18.

**Tabela 18 - Resultados de absorção de água por capilaridade para argamassa estabilizada**

<b>Traço</b>	<b>A<sub>t</sub> Média 10 min</b>	<b>A<sub>t</sub> Média 90 min</b>
A	0,09	0,15
B	0,11	0,20
C	0,08	0,16
D	0,16	0,29

Fonte: Autor, 2015.

Os CP's prismáticos foram rompidos em ensaio de tração na flexão e compressão axial, sendo que os resultados de resistência à tração estão representados no APÊNDICE G e na tabela 19 e os resultados de resistência à compressão aparecem no APÊNDICE H e na tabela 20.

**Tabela 19 - Resultados de resistência à tração na flexão para argamassa estabilizada**

Traço	Resistência média (MPa)	Desvio absoluto máximo (MPa)	Nova resistência média (MPa)
A	3,51	0,14	-
B	3,30	0,33	3,14
C	2,64	0,22	-
D	2,28	0,17	-

Fonte: Autor, 2015.

**Tabela 20 - Resultados de resistência à compressão axial para argamassa estabilizada**

Traço	Resistência média (MPa)	Desvio absoluto máximo (MPa)	Nova resistência média (MPa)
A	11,61	1,34	11,21
B	10,48	1,05	10,69
C	9,46	1,10	8,91
D	8,71	0,47	-

Fonte: Autor, 2015.

Também foi realizado ensaio de aderência à tração nas placas moldadas. Nesse ensaio, foram feitos 10 furos em cada placa, conforme demonstrado na figura 16, sendo que a parte interna de cada furo permaneceu presa à placa, sendo estes os corpos-de-prova.

**Figura 16 - Placas com corpos-de-prova para ensaio de arrancamento**



Fonte: Autor, 2015.

Na placa referente ao traço C, houve a perda de 3 corpos-de-prova, devido a erros durante a perfuração.

Cada CP foi lixado e escovado, afim de que a superfície fosse regularizada e não restasse poeira acumulada sobre os mesmos. Após, houve a aplicação de cola epóxi sobre cada CP e foi colada sobre eles uma pastilha metálica. Após a secagem da cola, utilizou-se um equipamento de tração para realizar a ruptura do corpo-de-prova.

Os valores de esforços de tração aplicados pelo equipamento e os tipos de ruptura de cada CP foram anotados e são apresentados no APÊNDICE I e na tabela 21.

**Tabela 21 - Resultados de resistência potencial de aderência à tração**

<b>Traço</b>	<b>R<sub>i</sub> (MPa)</b>
A	0,57
B	0,40
C	0,51
D	0,38

Fonte: Autor, 2015.

## CONCLUSÕES

Após o término dos ensaios, pode-se constatar que todos os traços de argamassa refeitos mantiveram-se úmidos ao final do prazo almejado de 36 horas, demonstrando a eficácia dos aditivos utilizados em conjunto com um traço adequado.

Foram analisadas as propriedades de argamassas estabilizadas produzidas com diferentes marcas de aditivos enquanto frescas e após o período estipulado em 36 horas.

Quanto ao estado fresco, todas as argamassas estabilizadas perderam consistência após o período de 36 horas, em comparação ao valor encontrado no momento da produção, diminuindo a trabalhabilidade e dificultando a moldagem dos corpos-de-prova. Da mesma forma, a maioria dos traços apresentou diminuição do teor de ar incorporado após o período de repouso, com exceção do traço C, que obteve um pequeno aumento.

No estado endurecido, quanto aos valores de resistência potencial de aderência à tração, todos os traços alcançaram valores superiores aos exigidos por norma, estando dessa forma todos aprovados para utilização como revestimento ou assentamento. Quanto à resistência à tração, os traços A e B apresentaram ganho de resistência em comparação à primeira moldagem. Entretanto, os traços C e D mostraram pequena diminuição de resistência. Já em relação à resistência à compressão, todos os traços apresentaram aumento de resistência, sendo que o traço D foi o que mais se destacou, atingindo mais que o dobro da resistência encontrada na primeira moldagem, fato que pode ter ocorrido devido à relação água-cimento, pois a quantidade de água de cada traço foi dosada individualmente, com a finalidade de atingir a consistência desejada.

Após a comparação dos resultados dos ensaios de teor de ar incorporado, entre o período de 0 e 36 horas para a argamassa estabilizada, notou-se que o traço C apresentou aumento de teor de ar incorporado após a estabilização. Tal resultado pode ser atribuído a uma falha durante os ensaios.

Para trabalhos futuros, recomenda-se testar diferentes aditivos, estudar diferentes dosagens, utilizar cal ou outro tipo de areia, testar a argamassa aplicada à diferentes substratos, como blocos, tijolos, concreto ou realizar ensaios com/sem chapisco, além de realizar diferentes ensaios de campo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGNES, C; HELFER, I. *Normas para apresentação de trabalhos acadêmicos*. 1. ed. atualizada. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2013. Disponível em: <[http://www.unisc.br/portal/upload/com\\_editora\\_livro/e\\_books\\_normas.pdf](http://www.unisc.br/portal/upload/com_editora_livro/e_books_normas.pdf)>. Acesso em: 23 mar. 2015.

AMBROZEWICZ, Paulo Henrique Laporte. *Materiais de Construção: Normas, Especificações, Aplicação e Ensaio de Laboratório*. São Paulo: PINI, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_. *NBR 7181: Solo – Análise granulométrica*. Rio de Janeiro, 1984.

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

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

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

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

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

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

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

\_\_\_\_\_. *NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas*. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. *NBR 15258: Argamassa para revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência potencial de aderência à tração*. Rio de Janeiro, 2005.



\_\_\_\_\_. *NBR 15259: Argamassa para revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade.* Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. *NBR 15261: Argamassa para revestimento de paredes e tetos – Determinação da variação dimensional (retração ou expansão linear).* Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. *NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica.* Rio de Janeiro, 2003.

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

CARASEK, Helena. Argamassas. In: ISAIA, G. C. (Ed.). *Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciências e Engenharia de Materiais.* São Paulo: IBRACON, 2007. p. 863 – 904, v. 2.

FIORITO, A. J. S. I; *Manual de argamassas de revestimento – Estudos e procedimentos de execução.* 2 ed. São Paulo: PINI, 2009.

MATOS, Paulo Ricardo de. *Estudo da utilização de argamassa estabilizada em alvenaria estrutural de blocos de concreto.* 2013. 74 f. TCC (Graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

RECENA, Fernando Antonio Piazza. *Conhecendo Argamassa.* Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A – Resultados do peneiramento da areia**

<b>AMOSTRA 1</b>		
<b>Peneira (mm)</b>	<b>Amostra (g)</b>	<b>% retido</b>
4,80	1,70	0,3 %
2,40	1,80	0,4 %
1,20	9,00	1,8 %
0,60	52,90	10,6 %
0,30	176,70	35,3 %
0,15	199,50	39,9 %
fundo	58,40	11,7 %
TOTAL	500,00	100,0 %

<b>AMOSTRA 2</b>		
<b>Peneira (mm)</b>	<b>Amostra (g)</b>	<b>% retido</b>
4,80	0,20	0,1 %
2,40	1,70	0,3 %
1,20	8,50	1,7 %
0,60	51,00	10,2 %
0,30	180,90	36,2 %
0,15	199,70	39,9 %
fundo	58,00	11,6 %
TOTAL	500,00	100,0 %

\*Dimensão máxima característica = 1,2 mm.

**APÊNDICE B – Módulo de finura**

<b>Peneira (mm)</b>	<b>Amostra 1</b>	<b>Amostra 2</b>
4,80	0,3 %	0,1 %
2,40	0,7 %	0,4 %
1,20	2,5 %	2,1 %
0,60	13,1 %	12,3 %
0,30	48,4 %	48,5 %
0,15	88,3 %	88,4 %
fundo	100,0 %	100,0 %
<b>Σ retido</b>	153,3	151,8
<b>Módulo de finura</b>	1,53	1,52

### APÊNDICE C – Resultados do ensaio de capilaridade

Traço	CP	Massa (g)	Massa após 10 min.	$A_t$ 10 min. (g/cm <sup>2</sup> )	$A_t$ Média	Massa após 90 min.	$A_t$ 90 min. (g/cm <sup>2</sup> )	$A_t$ Média
I	I	311,03	313,22	0,11	0,11	315,45	0,22	0,22
	II	313,42	315,61	0,11		317,82	0,22	
	III	312,06	314,33	0,11		316,34	0,21	
II	I	322,09	324,11	0,10	0,09	325,92	0,19	0,18
	II	318,17	320,13	0,10		321,85	0,18	
	III	317,64	319,27	0,08		321,04	0,17	
III	I	312,91	314,64	0,09	0,09	316,42	0,18	0,20
	II	319,04	321,08	0,10		323,22	0,21	
	III	321,33	323,22	0,09		325,39	0,20	
IV	I	293,41	295,46	0,10	0,11	296,75	0,17	0,17
	II	292,81	295,07	0,11		296,19	0,17	
	III	290,99	293,00	0,10		294,25	0,16	
V	I	311,30	313,09	0,09	0,09	315,36	0,20	0,18
	II	316,88	318,60	0,09		320,08	0,16	
	III	310,26	312,29	0,10		313,89	0,18	
VI	I	297,99	300,10	0,11	0,11	301,94	0,20	0,21
	II	299,34	301,32	0,10		303,46	0,21	
	III	297,23	299,55	0,12		301,66	0,22	
VII	I	286,12	287,91	0,09	0,10	288,67	0,13	0,17
	II	283,25	285,89	0,13		287,90	0,23	
	III	286,43	288,12	0,08		289,35	0,15	
VIII	I	297,47	299,49	0,10	0,12	301,27	0,19	0,22
	II	297,98	300,56	0,13		302,86	0,24	
	III	304,56	307,01	0,12		308,94	0,22	

**APÊNDICE D – Resultados do ensaio de resistência à tração na flexão**

<b>Traço I</b>	<b>CP</b>	<b>F<sub>f</sub> (N)</b>	<b>F<sub>f</sub> (kg)</b>	<b>R<sub>f</sub> (MPa)</b>
	I	1.240,70	126,47	2,91
	II	1.189,00	121,20	2,79
	III	1.189,00	121,20	2,79
	Resistência média (MPa)			2,83
	Desvio absoluto máximo (MPa)			0,08
	Nova resistência média (MPa)			-
<b>Traço II</b>	<b>CP</b>	<b>F<sub>f</sub> (N)</b>	<b>F<sub>f</sub> (kg)</b>	<b>R<sub>f</sub> (MPa)</b>
	I	1.364,80	139,12	3,20
	II	1.530,20	155,98	3,59
	III	1.333,80	135,96	3,13
	Resistência média (MPa)			3,30
	Desvio absoluto máximo (MPa)			0,29
	Nova resistência média (MPa)			-
<b>Traço III</b>	<b>CP</b>	<b>F<sub>f</sub> (N)</b>	<b>F<sub>f</sub> (kg)</b>	<b>R<sub>f</sub> (MPa)</b>
	I	1.023,60	104,34	2,40
	II	1.499,20	152,82	3,51*
	III	1.230,40	125,42	2,88
	Resistência média (MPa)			2,93
	Desvio absoluto máximo (MPa)			0,24
	Nova resistência média (MPa)			2,64
<b>Traço IV</b>	<b>CP</b>	<b>F<sub>f</sub> (N)</b>	<b>F<sub>f</sub> (kg)</b>	<b>R<sub>f</sub> (MPa)</b>
	I	827,10	84,31	1,94
	II	837,50	85,37	1,96
	III	816,80	83,26	1,91
	Resistência média (MPa)			1,94
	Desvio absoluto máximo (MPa)			0,03
	Nova resistência média (MPa)			-
<b>Traço V</b>	<b>CP</b>	<b>F<sub>f</sub> (N)</b>	<b>F<sub>f</sub> (kg)</b>	<b>R<sub>f</sub> (MPa)</b>
	I	1.468,20	149,66	3,44
	II	1.323,40	134,90	3,10
	III	1.385,50	141,23	3,25
	Resistência média (MPa)			3,26
	Desvio absoluto máximo (MPa)			0,18
	Nova resistência média (MPa)			-
<b>Traço VI</b>	<b>CP</b>	<b>F<sub>f</sub> (N)</b>	<b>F<sub>f</sub> (kg)</b>	<b>R<sub>f</sub> (MPa)</b>
	I	1.302,70	132,79	3,05
	II	1.199,40	122,26	2,81
	III	1.437,20	146,50	3,37
	Resistência média (MPa)			3,08
	Desvio absoluto máximo (MPa)			0,29
	Nova resistência média (MPa)			-

<b>Traço VII</b>	<b>CP</b>	<b>F<sub>f</sub> (N)</b>	<b>F<sub>f</sub> (kg)</b>	<b>R<sub>f</sub> (MPa)</b>
	I	1.085,60	110,66	2,54
	II	982,20	100,12	2,30
	III	1.209,70	123,31	2,84
Resistência média (MPa)				2,56
Desvio absoluto máximo (MPa)				0,28
Nova resistência média (MPa)				-
<b>Traço VIII</b>	<b>CP</b>	<b>F<sub>f</sub> (N)</b>	<b>F<sub>f</sub> (kg)</b>	<b>R<sub>f</sub> (MPa)</b>
	I	1.178,70	120,15	2,76
	II	1.271,70	129,63	2,98
	III	1.158,00	118,04	2,71
Resistência média (MPa)				2,82
Desvio absoluto máximo (MPa)				0,16
Nova resistência média (MPa)				-

\*Valor discrepante desconsiderado no cálculo da nova resistência média, devido ao fato de o desvio máximo absoluto encontrado ter sido superior a 0,3 MPa.

### APÊNDICE E – Resultados do ensaio de resistência à compressão axial

	CP	F <sub>c</sub> (N)	F <sub>c</sub> (Kg)	R <sub>c</sub> (MPa)
	<b>Traço I</b>	I	12.769,00	1.382,78
I		13.141,20	1.365,92	8,21
II		11.094,00	1.130,89	6,93*
II		11.621,40	1.184,65	7,26*
III		13.565,10	1.301,63	8,48
III		13.399,70	1.339,57	8,37
Resistência média (MPa)			7,87	
Desvio absoluto máximo (MPa)			0,94	
Nova resistência média (MPa)			8,26	
	CP	F <sub>c</sub> (N)	F <sub>c</sub> (Kg)	R <sub>c</sub> (MPa)
	<b>Traço II</b>	I	15.260,80	1.555,64
I		15.715,70	1.602,01	9,82
II		14.774,80	1.506,10	9,23
II		18.031,70	1.838,09	11,27
III		18.269,50	1.862,33	11,42*
III		20.037,50	2.042,56	12,52*
Resistência média (MPa)			10,63	
Desvio absoluto máximo (MPa)			1,89	
Nova resistência média (MPa)			9,97	
	CP	F <sub>c</sub> (N)	F <sub>c</sub> (Kg)	R <sub>c</sub> (MPa)
	<b>Traço III</b>	I	15.571,00	1.587,26
I		11.631,70	1.185,70	7,27*
II		13.978,70	1.424,94	8,74
II		15.271,10	1.556,69	9,54
III		10.628,80	1.083,47	6,64*
III		15.271,10	1.556,69	9,54
Resistência média (MPa)			8,58	
Desvio absoluto máximo (MPa)			1,94	
Nova resistência média (MPa)			9,39	
	CP	F <sub>c</sub> (N)	F <sub>c</sub> (Kg)	R <sub>c</sub> (MPa)
	<b>Traço IV</b>	I	9.987,70	1.018,11
I		8.364,50	852,65	5,23
II		7.144,40	728,28	4,47
II		7.516,70	766,23	4,70
III		10.742,50	1.095,06	6,71*
III		PERDIDO	-	-
Resistência média (MPa)			5,47	
Desvio absoluto máximo (MPa)			1,24	
Nova resistência média (MPa)			5,16	



<b>Traço V</b>	<b>CP</b>	<b>F<sub>c</sub> (N)</b>	<b>F<sub>c</sub> (Kg)</b>	<b>R<sub>c</sub> (MPa)</b>
	I	15.839,80	1.614,66	9,90*
	I	12.221,00	1.245,77	7,64*
	II	10.721,80	1.092,95	6,70
	II	9.977,40	1.017,06	6,24
	III	10.091,10	1.028,65	6,31
	III	8.695,30	886,37	5,43
	Resistência média (MPa)			7,04
	Desvio absoluto máximo (MPa)			2,86
Nova resistência média (MPa)			6,17	
<b>Traço VI</b>	<b>CP</b>	<b>F<sub>c</sub> (N)</b>	<b>F<sub>c</sub> (Kg)</b>	<b>R<sub>c</sub> (MPa)</b>
	I	7.806,20	795,74	4,88
	I	11.352,50	1.157,24	7,10*
	II	8.623,00	879,00	5,39
	II	7.589,00	773,60	4,74
	III	8.840,10	901,13	5,53
	III	7.837,20	798,90	4,90
	Resistência média (MPa)			5,42
	Desvio absoluto máximo (MPa)			1,67
Nova resistência média (MPa)			5,09	
<b>Traço VII</b>	<b>CP</b>	<b>F<sub>c</sub> (N)</b>	<b>F<sub>c</sub> (Kg)</b>	<b>R<sub>c</sub> (MPa)</b>
	I	6.792,90	692,45	4,25
	I	6.058,80	617,61	3,79
	II	6.162,20	628,15	3,85
	II	7.661,40	780,98	4,79*
	III	6.048,50	616,56	3,78
	III	8.405,80	856,86	5,25*
	Resistência média (MPa)			4,28
	Desvio absoluto máximo (MPa)			0,97
Nova resistência média (MPa)			3,92	
<b>Traço VIII</b>	<b>CP</b>	<b>F<sub>c</sub> (N)</b>	<b>F<sub>c</sub> (Kg)</b>	<b>R<sub>c</sub> (MPa)</b>
	I	10.463,40	1.066,61	6,54
	I	9.677,60	986,50	6,05
	II	10.080,80	1.027,60	6,30
	II	9.967,10	1.016,01	6,23
	III	9.408,70	959,09	5,88
	III	8.933,10	910,61	5,58*
	Resistência média (MPa)			6,10
	Desvio absoluto máximo (MPa)			0,51
Nova resistência média (MPa)			6,20	

\*Valor discrepante desconsiderado no cálculo da nova resistência média, devido ao fato de o desvio máximo absoluto encontrado ter sido superior a 0,5 MPa.

**APÊNDICE F – Resultados de absorção de água por capilaridade**

<b>Traço</b>	<b>CP</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>Massa após 10 min.</b>	<b>A<sub>t</sub> 10 min. (g/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>A<sub>t</sub> Média</b>	<b>Massa após 90 min.</b>	<b>A<sub>t</sub> 90 min. (g/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>A<sub>t</sub> Média</b>
<b>A</b>	I	333,44	335,36	0,10	0,09	336,44	0,15	0,15
	II	333,52	335,31	0,09		336,32	0,14	
	III	329,38	331,28	0,09		332,45	0,15	
<b>B</b>	I	323,60	325,73	0,11	0,11	327,69	0,20	0,20
	II	324,96	327,31	0,12		328,88	0,20	
	III	324,84	327,04	0,11		328,6	0,19	
<b>C</b>	I	306,48	308,00	0,08	0,08	306,48	0,16	0,16
	II	308,39	310,03	0,08		308,39	0,15	
	III	306,05	307,82	0,09		306,05	0,17	
<b>D</b>	I	323,72	326,59	0,14	0,16	329,22	0,28	0,29
	II	326,41	329,69	0,16		332,49	0,30	
	III	327,49	330,77	0,16		333,39	0,29	

**APÊNDICE G – Resultados do ensaio de tração na flexão da argamassa estabilizada**

<b>Traço A</b>	<b>CP</b>	<b>F<sub>f</sub> (N)</b>	<b>F<sub>f</sub> (kg)</b>	<b>R<sub>f</sub> (MPa)</b>
	I	1.499,20	152,82	3,51
	II	1.437,20	146,50	3,37
	III	1.550,90	158,09	3,63
	Resistência média (MPa)			3,51
	Desvio absoluto máximo (MPa)			0,14
	Nova resistência média (MPa)			-
<b>Traço B</b>	<b>CP</b>	<b>F<sub>f</sub> (N)</b>	<b>F<sub>f</sub> (kg)</b>	<b>R<sub>f</sub> (MPa)</b>
	I	1.406,10	143,33	3,30
	II	1.550,90	158,09	3,63*
	III	1.271,70	129,63	2,98
	Resistência média (MPa)			3,30
	Desvio absoluto máximo (MPa)			0,33
	Nova resistência média (MPa)			3,14
<b>Traço C</b>	<b>CP</b>	<b>F<sub>f</sub> (N)</b>	<b>F<sub>f</sub> (kg)</b>	<b>R<sub>f</sub> (MPa)</b>
	I	1.033,90	105,39	2,42
	II	Perdido	-	-
	III	1.220,00	124,36	2,86
	Resistência média (MPa)			2,64
	Desvio absoluto máximo (MPa)			0,22
	Nova resistência média (MPa)			-
<b>Traço D</b>	<b>CP</b>	<b>F<sub>f</sub> (N)</b>	<b>F<sub>f</sub> (kg)</b>	<b>R<sub>f</sub> (MPa)</b>
	I	1.044,30	106,45	2,45
	II	961,60	98,02	2,25
	III	909,90	92,75	2,13
	Resistência média (MPa)			2,28
	Desvio absoluto máximo (MPa)			0,17
	Nova resistência média (MPa)			-

\*Valor discrepante desconsiderado no cálculo da nova resistência média, devido ao fato de o desvio máximo absoluto encontrado ter sido superior a 0,3 MPa.

**APÊNDICE H – Resultados do ensaio de compressão axial da argamassa estabilizada**

<b>Traço A</b>	<b>CP</b>	<b>F<sub>c</sub> (N)</b>	<b>F<sub>c</sub> (Kg)</b>	<b>R<sub>c</sub> (MPa)</b>
	I	20.719,90	1886,57	12,95*
	I	17.826,50	1996,19	11,14
	II	17.721,50	1806,47	11,08
	II	17.132,20	1746,40	10,71
	III	18.507,30	2112,12	11,57
	III	19.582,60	1817,18	12,24*
	Resistência média (MPa)			11,61
	Desvio absoluto máximo (MPa)			1,34
Nova resistência média (MPa)			11,21	
<b>Traço B</b>	<b>CP</b>	<b>F<sub>c</sub> (N)</b>	<b>F<sub>c</sub> (Kg)</b>	<b>R<sub>c</sub> (MPa)</b>
	I	17.576,80	1791,72	10,99
	I	15.085,00	1537,72	9,43*
	II	17.101,20	1743,24	10,69
	II	16.873,70	1720,05	10,55
	III	16.666,90	1698,97	10,42
	III	17.266,60	1760,10	10,79
	Resistência média (MPa)			10,48
	Desvio absoluto máximo (MPa)			1,05
Nova resistência média (MPa)			10,69	
<b>Traço C</b>	<b>CP</b>	<b>F<sub>c</sub> (N)</b>	<b>F<sub>c</sub> (Kg)</b>	<b>R<sub>c</sub> (MPa)</b>
	I	14.212,00	1722,16	8,88
	I	14.330,20	1715,84	8,96
	II	14.306,70	1458,38	8,94
	II	14.204,90	1448,00	8,88
	III	16.894,40	1448,73	10,56*
	III	16.832,40	1460,77	10,52*
	Resistência média (MPa)			9,46
	Desvio absoluto máximo (MPa)			1,10
Nova resistência média (MPa)			8,91	
<b>Traço D</b>	<b>CP</b>	<b>F<sub>c</sub> (N)</b>	<b>F<sub>c</sub> (Kg)</b>	<b>R<sub>c</sub> (MPa)</b>
	I	13.813,30	1408,08	8,63
	I	14.537,00	1481,86	9,09
	II	14.371,60	1464,99	8,98
	II	13.513,40	1377,51	8,45
	III	14.185,50	1446,02	8,87
	III	13.182,60	1343,79	8,24
	Resistência média (MPa)			8,71
	Desvio absoluto máximo (MPa)			0,47
Nova resistência média (MPa)			-	

\*Valor discrepante desconsiderado no cálculo da nova resistência média, devido ao fato de o desvio máximo absoluto encontrado ter sido superior a 0,5 MPa.

### APÊNDICE I – Resultados de resistência potencial de aderência à tração

Traço	CP nº	Carga (N)	Seção (mm <sup>2</sup> )	Tensão (MPa)	Tensão média (MPa)	Forma de ruptura %			
						S	S/A	A	F
<b>A</b>	1	746	1.963	0,38*	0,57		100		
	2	1.099	1.963	0,56			100		
	3	844	1.963	0,43			100		
	4	1.197	1.963	0,61			100		
	5	1.551	1.963	0,79*				100	
	6	1.099	1.963	0,56				100	
	7	982	1.963	0,50			100		
	8	667	1.963	0,34*			100		
	9	1.433	1.963	0,73				100	
	10	1.669	1.963	0,85*				100	
<b>B</b>	1	628	1.963	0,32	0,40		100		
	2	805	1.963	0,41			100		
	3	1.080	1.963	0,55*			100		
	4	667	1.963	0,34			100		
	5	255	1.963	0,13*			100		
	6	923	1.963	0,47			100		
	7	1.139	1.963	0,58*				100	
	8	942	1.963	0,48				100	
	9	707	1.963	0,36			100		
	10	432	1.963	0,22*			100		
<b>C</b>	1	1.099	1.963	0,56	0,51			100	
	2	1.433	1.963	0,73*				100	
	3	726	1.963	0,37			100		
	4	1.099	1.963	0,56			100		
	5	412	1.963	0,21*			100		
	6	1.296	1.963	0,66*				100	
	7	1.040	1.963	0,53				100	
	8	334	1.963	0,17*				100	
	9	569	1.963	0,29*				100	
	10	1.021	1.963	0,52				100	
<b>D**</b>	1	785	1.963	0,40	0,38		100		
	2	648	1.963	0,33			100		
	3	864	1.963	0,44			100		
	4	667	1.963	0,34			100		
	5	393	1.963	0,20*			100		
	6	451	1.963	0,23*			100		
	7	805	1.963	0,41			100		

\*Valores descartados do cálculo da resistência potencial média, por se afastarem  $\pm 30\%$  da média.

\*\*Na placa do traço D só foi possível obter 7 corpo-de-prova para ensaio, devido à fragilidade da argamassa.