

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DA REGIÃO DOS VINHEDOS
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS**

GUILHERME HENRIQUE DALLAGNOL

**ESTUDO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS NOS ESTADOS FRESCO E
ENDURECIDO DE UMA ARGAMASSA PARA REVESTIMENTOS ESTABILIZADA
POR 72 HORAS VARIANDO O TEMPO DE APLICAÇÃO A PARTIR DE SUA
MISTURA NA CENTRAL DOSADORA**

**Bento Gonçalves
2018**

GUILHERME HENRIQUE DALLAGNOL

**ESTUDO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS NOS ESTADOS FRESCO E
ENDURECIDO DE UMA ARGAMASSA PARA REVESTIMENTOS ESTABILIZADA
POR 72 HORAS VARIANDO O TEMPO DE APLICAÇÃO A PARTIR DE SUA
MISTURA NA CENTRAL DOSADORA**

Relatório referente a cadeira de
Trabalho De Conclusão De Curso 2
para a obtenção do título de
bacharel em Engenharia Civil

Orientador: Prof. Me. Maurício
Schäfer

**Bento Gonçalves
2018**

GUILHERME HENRIQUE DALLAGNOL

**ESTUDO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS NOS ESTADOS FRESCO E
ENDURECIDO DE UMA ARGAMASSA PARA REVESTIMENTOS ESTABILIZADA
POR 72 HORAS VARIANDO O TEMPO DE APLICAÇÃO A PARTIR DE SUA
MISTURA NA CENTRAL DOSADORA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade de Caxias do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Aprovado em: / /

Banca examinadora

Prof. Me. Maurício Schäfer
Universidade de Caxias do Sul

Profa. Me. Muriel Scopel Froener
Universidade de Caxias do Sul

Prof. Me. Vinício Ceconello
Universidade de Caxias do Sul

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família por todo o apoio, educação e companheirismo durante toda esta jornada, agradeço também a minha madrinha Iara Panizzi por todas as oportunidades que me proporcionou, as quais, com toda a certeza, agregaram muito conhecimento e profissionalismo.

Agradeço ao meu orientador Prof. Maurício Schäfer, pela dedicação e transmissão de seu conhecimento. Da mesma forma, agradeço à Pauluzzi Blocos Cerâmicos pelo fornecimento de material, e em especial à toda a equipe do laboratório da Coneresul Britagem LTDA pelas informações, apoio e materiais, os quais foram de extrema valia para a realização deste trabalho.

Aos meus colegas e amigos, por estarem sempre ao meu lado me auxiliando e apoiando em todos os momentos necessários. Em especial agradeço ao Douglas Wendel Consoli Ozelame, ao Lucas Cecconi Gresele e ao Luís Fernando Signor por toda a ajuda nessa enorme jornada.

Agradeço a minha namorada, por sempre me apoiar nos momentos difíceis, os quais pensei em desistir e por ser sempre uma pessoa cativante e companheira em todas as situações durante esta exaustiva trajetória.

Da mesma forma agradeço aos laboratoristas da universidade, especialmente aos do Bloco E do campus de Bento Gonçalves, os quais me auxiliaram no desenvolvimento da prática deste trabalho. Por fim, agradeço à todos os envolvidos nesta presente pesquisa, que de alguma forma me ajudaram e/ou apoiaram durante todo este percurso.

RESUMO

DALLAGNOL, G.H. **Estudo sobre as características nos estados fresco e endurecido de uma argamassa para revestimentos estabilizada por 72 horas variando o tempo de aplicação a partir de sua mistura na central dosadora.** Bento Gonçalves, 2018. Trabalho de conclusão em Engenharia Civil – Universidade de Caxias do Sul, Bento Gonçalves/RS.

As argamassas estabilizadas são produtos escassamente difundidos no mercado nacional, consequentemente há poucas informações sobre elas e muito ainda deve ser aprendido em relação as técnicas de aplicação, limitações e cuidados. Sendo assim, o trabalho que aqui será apresentado tem o intuito de investigar estas argamassas através de seu comportamento isolado e também em forma de revestimento e, com isso, traçar metodologias que visem a elaboração de práticas que possam analisar as características de uma argamassa para revestimentos estabilizada por 72 horas, composta por areia natural de rio, aglomerantes, adições e aditivos, quando aplicada em substratos cerâmicos chapiscados. A argamassa, ainda no estado fresco, foi aplicada em intervalos de tempo de doze horas desde a sua mistura na central dosadora, sendo que, devido às limitações o ambiente utilizado para o estudo foi o interior do laboratório da universidade, e no momento de cada aplicação foram realizados ensaios de índice de consistência, retenção de água, densidade de massa e teor de ar incorporado. Após decorrido o tempo de cura, a argamassa foi submetida à ensaios de resistência mecânica, densidade de massa e absorção de água por capilaridade. Os revestimentos argamassados em si passaram por ensaios de resistência de aderência à tração e análises de avanço de fissuração. A argamassa fresca apresentou uma perda de índice de consistência equivalente à 24,45%. Outra informação aferida foi a perda de ar incorporado da mistura no decorrer do tempo de estabilização, com consequente ganho de densidade de massa. Já no estado endurecido as resistências mecânicas cresceram até o período de 36 horas de estabilização, e após isto começaram a decrescer. Em relação ao revestimento argamassado em si a resistência de aderência à tração cresceu até um tempo equivalente à 24 horas, após isto começou a diminuir até o período final de estabilização, apresentando efeitos significativos neste atributo.

Palavras-chave: Argamassa estabilizada. Argamassa de revestimento. Estado endurecido. Estado fresco.

ABSTRACT

DALLAGNOL, G.H. **Estudo sobre as características nos estados fresco e endurecido de uma argamassa para revestimentos estabilizada por 72 horas variando o tempo de aplicação a partir de sua mistura na central dosadora.** Bento Gonçalves, 2018. Trabalho de conclusão em Engenharia Civil – Universidade de Caxias do Sul, Bento Gonçalves/RS.

Stabilized mortars are scarcely diffused in the national market, consequently there's not much information about them and much still has to be learned regarding application techniques, limitations and care. Therefore, the work presented here intends to investigate these mortars through their isolated behavior and also in the form of a coating and, with this, to draw methodologies that aim at the elaboration of practices that can analyze the characteristics of a mortar for coatings stabilized for 72 hours, composed of natural river sand, binders, chemicals and mineral additives, when applied on plated ceramic substrates. Mortar, still in the fresh state, was applied at time intervals of twelve hours from its mixing in the metering center, and due to the limitations the environment used for the study was the university's laboratory interior, and at the time of each applications were performed consistency index, water retention, mass density and incorporated air content tests. After the curing time had elapsed, the mortar was submitted to mechanical strength tests, mass density and water absorption by capillarity. The tensile adhesion strength and the progress of cracking of the mortar coatings was also analyzed. The fresh mortar presented a loss of consistency index equivalent to 24,45%. Another information verified was the loss of entrained air in the mix while stabilization time, with consequent gain of mass density. In the hardened state, the mechanical strength increased until the period of 36 hours of stabilization, and after that began to decrease. Regarding the mortar coating itself the tensile strength increased to a time equivalent to 24 hours, after which it started to decrease until the final stabilization period, presenting significant effects in this attribute.

Keywords: Stabilized mortar. Coating mortar. Hardened state. Fresh state.

LISTA DE FIGURAS:

Figura 1 - Interface argamassa/substrato.....	22
Figura 2 - Representação do mecanismo de aderência entre argamassa e substrato	37
Figura 3 - Formas de ruptura para revestimento sem chapisco	38
Figura 4 - Formas de ruptura para revestimento com chapisco.....	39
Figura 5 - Programa experimental	40
Figura 6 - Disposição dos blocos na parede	41
Figura 7 - Composição do sistema de revestimento adotado	42
Figura 8 - Distribuição dos testemunhos do ensaio de aderência.....	44
Figura 9 - Blocos cerâmicos utilizados	45
Figura 10 – Blocos chapiscados utilizados nos ensaios	52
Figura 11 – (a) Argamassa estabilizada para revestimento, (b) Armazenamento	54
Figura 12 - Adesivo epóxi Araldite	55
Figura 13 - (a) Verificação da verticalidade, (b) Verificação do alinhamento.....	56
Figura 14 - Paredes chapiscadas	56
Figura 15 - Mestras para execução do revestimento.....	57
Figura 16 - (a) Passagem de régua, (b) Desempeno	58
Figura 17 - Revestimentos argamassados	58
Figura 18 - (a) Flow table, (b) Ensaio de índice de consistência.....	59
Figura 19 - (a) Tronco de cone, (b) Ensaio de abatimento.....	60
Figura 20 - Funil de Buchner adaptado.....	61
Figura 21 - Recipientes para ensaio de densidade de massa e teor de ar incorporado	62
Figura 22 – (a) Rompimento à tração na flexão, (b) Rompimento à compressão.....	64
Figura 23 - Pesagem em balança hidrostática	66
Figura 24 - Ensaio de absorção por capilaridade.....	68
Figura 25 - (a) Identificação dos testemunhos, (b) Ensaio de aderência à tração	70
Figura 26 - Índice de consistência e abatimento pelo tronco de cone em função do tempo	73
Figura 27 - Aplicação da argamassa estabilizada as 72 horas de estabilização	73
Figura 28 - Perda de índice de consistência por Kebhard e Kazmierckzak (2017).....	74
Figura 29 - Retenção de água versus tempo de estabilização	75
Figura 30 - Densidade de massa no estado fresco versus tempo de estabilização	76
Figura 31 - Teor de ar incorporado versus tempo de estabilização	77

Figura 32 - Massa específica e teor de ar incorporado por Kebhard e Kazmierckzak	78
Figura 33 - Resistências médias de tração na flexão da argamassa estabilizada.....	79
Figura 34 - Resistências médias de compressão da argamassa estabilizada	81
Figura 35 - Variações nas resistências por Kebhard e Kazmierckzak	81
Figura 36 - Curvas de resistências médias da argamassa estabilizada.....	82
Figura 37 - Densidade de massa aparente média.....	83
Figura 38 - Densidade de massa aparente por Kebhard e Kazmierckzak	84
Figura 39 - Valores médios de absorção total de água e índice de vazios	86
Figura 40 - Valores médios de massas específicas no estado endurecido	86
Figura 41 - Absorção por capilaridade média versus tempo de estabilização.....	88
Figura 42 - Coeficiente de capilaridade médio versus tempo de estabilização.....	89
Figura 43 - (a) Revestimento argamassado de 0h, (b) Revestimento argamassado de 72h	91
Figura 44 - Resistência de aderência à tração e teor de umidade dos revestimentos	93
Figura 45 – (a) Ruptura na argamassa, (b) Ruptura superficial, (c) Ruptura na interface	94

LISTA DE QUADROS:

Quadro 1 - Usos, funções e propriedades das argamassas	24
Quadro 2 - Função do revestimento versus propriedades da argamassa.....	25
Quadro 3 - Metodologias de ensaio a serem realizados	43

LISTA DE TABELAS:

Tabela 1 - Ensaio nos blocos cerâmicos	46
Tabela 2 - Índices de absorção de água e resistência mecânica dos blocos cerâmicos	46
Tabela 3 - Traço da argamassa de assentamento	48
Tabela 4 - Ensaio na argamassa de assentamento	48
Tabela 5 - Características da argamassa de assentamento no estado fresco	49
Tabela 6 - Características da argamassa de assentamento endurecida	49
Tabela 7 - Dosagem da argamassa se chapisco	50
Tabela 8 - Ensaio na argamassa de chapisco	50
Tabela 9 - Características da argamassa de chapisco no estado fresco.....	51
Tabela 10 - Características da argamassa de chapisco endurecida.....	51
Tabela 11 - Resultados dos ensaios de absorção de água inicial na face chapiscada	53
Tabela 12 - Dosagem da argamassa estabilizada utilizada no revestimento	53
Tabela 13 - Resultados de índice de consistência e abatimento pelo tronco de cone	72
Tabela 14 - Valores obtidos para retenção de água	75
Tabela 15 – Valores obtidos para densidade de massa no estado fresco	76
Tabela 16 – Valores obtidos para teor de ar incorporado	77
Tabela 17 - Resistência à tração na flexão da argamassa estabilizada	79
Tabela 18 - Análise de variância da resistência à tração na flexão	80
Tabela 19 - Resistência à compressão da argamassa estabilizada.....	80
Tabela 20 - Análise de variância da resistência à compressão	82
Tabela 21 - Densidade de massa aparente no estado endurecido	83
Tabela 22 - Análise de variância geral da densidade de massa aparente	84
Tabela 23 - Análise de variância tempo por tempo da densidade de massa aparente	85
Tabela 24 - Absorção total de água, índice de vazios e massa específica	85
Tabela 25 - Análise de variância geral da absorção de água total	87
Tabela 26 - Análise de variância geral do índice de vazios	87
Tabela 27 - Análise de variância geral da massa específica real.....	87
Tabela 28 - Absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade médios.....	88
Tabela 29 - Análise de variância da absorção por capilaridade aos 10 minutos	90
Tabela 30 - Análise de variância da absorção por capilaridade aos 90 minutos	90
Tabela 31 - Análise de variância do coeficiente de capilaridade	90

Tabela 32 - Resultados médios de resistência de aderência e teor de umidade	92
Tabela 33 - Análise de variância geral para os ensaios de resistência de aderência.....	94
Tabela 34 - Análise de variância tempo por tempo para resistência de aderência	94
Tabela 35 - Análise de variância geral para o teor de umidade dos revestimentos	95

LISTA DE ABREVIATURAS:

AA – Absorção de Água;

AAI – Absorção de Água Inicial;

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland;

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;

ANOVA – Análise de Variância;

CH - Hidróxido de Cálcio;

cm – Centímetros;

C-S-H - Silicato de Cálcio Hidratado;

mm – Milímetros;

Ms – Massa Seca;

Mu – Massa Úmida;

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora;

Ra – Resistência de Aderência à Tração.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	QUESTÃO DE PESQUISA.....	16
1.2	OBJETIVOS PRINCIPAIS.....	16
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.4	HIPÓTESE.....	17
1.5	LIMITAÇÕES.....	17
1.6	DELINEAMENTO E ESTRUTURA DA PESQUISA.....	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1	ASPECTOS DOS SUBSTRATOS	19
2.1.1	Absorção	20
2.1.2	Porosidade.....	21
2.1.3	Rugosidade e Textura Superficial.....	22
2.2	ARGAMASSA DE CHAPISCO COMO PREPARO DA BASE.....	23
2.3	PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO	24
2.3.1	Propriedades da Argamassa de Revestimento no Estado Fresco	25
2.3.1.1	Trabalhabilidade.....	25
2.3.1.2	Consistência e plasticidade	26
2.3.1.3	Retenção de água.....	27
2.3.1.4	Massa específica e teor de ar incorporado.....	28
2.3.1.5	Aderência inicial	28
2.3.1.6	Retração na secagem	30
2.3.2	Propriedades das Argamassas de Revestimento no Estado Endurecido	30
2.3.2.1	Aderência.....	30
2.3.2.2	Capacidade de absorver deformações / fissuração.....	31
2.3.2.3	Resistência mecânica.....	32
2.3.2.4	Permeabilidade e durabilidade	33
2.4	ARGAMASSA ESTABILIZADA PARA REVESTIMENTOS	34

2.5	SISTEMA E INTERFACES DO REVESTIMENTO ARGAMASSADO	37
3	METODOLOGIA.....	40
3.1	PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL	41
3.1.1	Obtenção e Análise de Dados	44
3.2	MATERIAIS UTILIZADOS	45
3.2.1	Substrato Cerâmico	45
3.2.2	Argamassa de Assentamento.....	47
3.2.3	Argamassa de Chapisco.....	50
3.2.4	Argamassa Estabilizada para Revestimento	53
3.2.5	Adesivo para Ensaio de Arrancamento	54
3.3	EXECUÇÃO DA BASE DE APLICAÇÃO DO REVESTIMENTO.....	55
3.4	EXECUÇÃO DO REVESTIMENTO ARGAMASSADO	57
3.5	ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA ESTABILIZADA	59
3.5.1	Ensaio no Estado Fresco	59
3.5.1.1	Índice de consistência.....	59
3.5.1.2	Consistência pelo abatimento do tronco de cone	60
3.5.1.3	Retenção de água.....	61
3.5.1.4	Densidade de massa e teor de ar incorporado.....	62
3.5.2	Ensaio no Estado Endurecido.....	64
3.5.2.1	Resistência à tração na flexão e compressão	64
3.5.2.2	Densidade de massa aparente.....	65
3.5.2.3	Absorção de água total, índice de vazios e massa específica	66
3.5.2.4	Absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade	68
3.5.3	Ensaio no Revestimento Argamassado.....	69
3.5.3.1	Acompanhamento de incidência de fissuração no revestimento argamassado.....	69
3.5.3.2	Resistência de aderência à tração.....	70
4	RESULTADOS E ANÁLISES	72
4.1	ESTADO FRESCO	72

4.1.1	Índice de consistência e abatimento pelo tronco de cone	72
4.1.2	Retenção de água	74
4.1.3	Densidade de massa no estado fresco e teor de ar incorporado	76
4.2	ESTADO ENDURECIDO	78
4.2.1	Resistência à tração na flexão e compressão	79
4.2.2	Densidade de massa aparente no estado endurecido	82
4.2.3	Absorção de água total, índice de vazios e massa específica	85
4.2.4	Absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade	88
4.3	REVESTIMENTO ARGAMASSADO	90
4.3.1	Acompanhamento de incidência de fissuração no revestimento argamassado	91
4.3.2	Resistência de aderência à tração	91
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	99
	APÊNDICE A.....	107
	APÊNDICE B.....	111
	APÊNDICE C.....	113
	APÊNDICE D.....	116
	APÊNDICE E.....	119
	APÊNDICE F.....	127
	ANEXO A.....	134

1 INTRODUÇÃO

Desde épocas remotas o homem emprega materiais que têm a finalidade de unir solidariamente elementos de várias naturezas na construção de edificações, sendo assim a utilização de argamassas faz parte deste cenário. Atualmente têm-se as argamassas industrializadas que apresentam como grande e principal vantagem técnica a homogeneidade, tanto no proporcionamento como na qualidade dos materiais utilizados. Essas características, em geral, minimizam a probabilidade de ocorrerem defeitos, principalmente em revestimentos de paredes que, infelizmente, é onde esses defeitos ocorrem de forma mais frequente (RECENA, 2012).

As argamassas estabilizadas são cada vez mais empregadas em edificações e ao se classificar as argamassas em função de sua evolução, pode-se dizer que as argamassas viradas em obra são as de primeira geração, as argamassas industrializadas a de segunda, e as argamassas estabilizadas são a terceira geração. As argamassas estabilizadas têm como principal diferencial sobre as outras estarem prontas para uso e manter-se assim por determinado tempo até a sua aplicação, porém, sua desvantagem é ainda não existir domínio da tecnologia sobre elas no mercado brasileiro (KEBHARD; KAZMIERCZAK, 2017).

Algumas características da argamassa no estado fresco afetam o desempenho do revestimento pronto, e por este motivo a reologia da argamassa deve ser atentada durante a sua aplicação, pois a sua trabalhabilidade, consistência, retenção de água, massa específica, aderência inicial e retração podem muito bem condenar a qualidade de um revestimento finalizado (CINCOTTO et al., 1995). Sendo assim, variações no desempenho de revestimentos argamassados podem ser explicados pelos fatores acima explanados.

O revestimento de argamassa, sendo uma das partes integrantes das vedações do edifício, deve apresentar um conjunto de propriedades que irão corroborar com o desempenho das vedações, e conseqüentemente, do edifício como um todo (BAÍÁ; SABBATIBI, 2008). Para que os revestimentos argamassados cumpram corretamente suas incumbências, devem possuir atributos que se adequem ao meio ao seu redor, sendo que algumas características principais devem ser atendidas, sendo elas: durabilidade, resistência mecânica, capacidade de absorver deformações, aderência e estanqueidade (ABCP, 2002).

Entretanto, ainda há poucos estudos relacionados a argamassa estabilizada, e entre os existentes parte deles avalia a trabalhabilidade, que sofre alterações ao longo do tempo de utilização, carecendo assim, de informações sobre a interação entre argamassa e o substrato, formulação da mistura, controle e recebimento na obra e características da argamassa, sendo

que ao se unir tudo isso, aumenta o risco de incidência de manifestações patológicas por falta de conhecimento técnico (KEBHARD; KAZMIERCZAK, 2017).

Diante do exposto, há necessidade de complementar as pesquisas sobre a apreciação do comportamento de argamassas estabilizadas, sendo assim este trabalho tem o intuito de controlar as diferentes características de uma argamassa estabilizada tanto no estado fresco como no endurecido. Para isto, nesta pesquisa foi utilizada uma argamassa estabilizada por 72 horas, aplicada em intervalos de doze horas, de maneira a verificar qual é a influência do tempo sobre a argamassa.

1.1 QUESTÃO DE PESQUISA

Quais serão os efeitos no desempenho do revestimento argamassado ao aplicar-se uma argamassa estabilizada ao longo de seu tempo de utilização?

1.2 OBJETIVO PRINCIPAL

O objetivo principal é avaliar as alterações das características de uma argamassa estabilizada por 72 horas para revestimentos, no seu estado fresco e endurecido, e também o desempenho do revestimento em si, através de ensaios regidos pelas normativas técnicas, em diferentes tempos de uso.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) analisar o comportamento da argamassa estabilizada no estado fresco ao longo do tempo;
- b) avaliar a influência do tempo no comportamento da argamassa no estado endurecido;
- c) verificar o comportamento do revestimento argamassado ao longo do tempo frente à fissuração;
- d) identificar o desempenho à aderência dos revestimentos argamassados.

1.4 HIPÓTESE

A aplicação tardia da argamassa estabilizada fará o desempenho do revestimento diminuir devido a evaporação da água presente na mistura, a qual é responsável pela trabalhabilidade e, conseqüentemente, pela aderência.

1.5 LIMITAÇÕES

A presente pesquisa estará sujeita à algumas limitações devido a infinidade de alternativas que podem ser exploradas dentro dessa mesma investigação, tendo em vista isso, deve-se explanar que somente serão realizados ensaios em um tipo de traço de argamassa estabilizada (dosada em central) e também em somente um tipo de substrato (bloco cerâmico chapiscado).

Vale a pena ressaltar que os experimentos serão realizados em ambiente controlado, o qual será o laboratório da universidade e, que para o armazenamento da argamassa, não será utilizada película de água, mas será colocada uma lona em contato com a superfície do produto, para que assim não ocorra evaporação demasiada.

1.6 DELINEAMENTO E ESTRUTURA DA PESQUISA

O presente trabalho de pesquisa foi desenvolvido através de cinco etapas primordiais, na qual primeiramente foi abordada uma apresentação sobre o assunto, destacando a importância para a realização da pesquisa com a contextualização dos problemas relacionados ao assunto. Fez parte desta etapa os seguintes itens: questão de pesquisa, objetivos principais e específicos, hipóteses e as limitações que o trabalho será exposto.

Na segunda etapa está contemplada uma revisão bibliográfica sobre o assunto, que servirá de apoio para toda a pesquisa, corroborando também com a criação das metodologias que serão executadas. Para a elaboração da revisão bibliográfica buscou-se em diferentes livros, artigos, dissertações, teses e publicações informações pertinentes ao assunto, sendo que preferiu-se a utilização de trabalhos de diversos autores renomados relacionados ao tema da pesquisa.

A terceira etapa consiste na apresentação do programa experimental e materiais utilizados, a qual delinea os procedimentos e ensaios que serão realizados, juntamente com as normas técnicas e recomendações pertinentes ao tema de pesquisa. Na quarta etapa estarão

presentes as análises e discussões sobre os resultados, dando ênfase aos de maior importância. Por fim, na quinta etapa serão expressas as considerações finais sobre o assunto estudado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico serão abordadas as fundamentações teóricas de um sistema de revestimento argamassado, realizando uma descrição das características dos substratos utilizados em alvenarias de vedação, das argamassas e do conjunto de uma maneira global. Contudo, primeiramente, a maior ênfase será destinada às características dos substratos que afetam a aderência do revestimento, sendo que o estudo será baseado em alvenarias de vedação. Logo em seguida serão abordados assuntos como: tratamento de substrato com chapisco, propriedades das argamassas de revestimento nos estados fresco e endurecido, argamassa estabilizada para revestimentos e, por fim, o sistema de revestimento de argamassa de um modo geral.

2.1 ASPECTOS DOS SUBSTRATOS

Os blocos para alvenarias de vedação têm como função principal suportar o peso próprio da alvenaria da qual faz parte. Também devem apresentar as seguintes características: resistência à compressão conforme preconizado em projeto, dimensões adequadas, permeabilidade compatível com as condições de exposição a que a alvenaria estará submetida, variação volumétrica e porosidade compatível com a argamassa a ser utilizada na alvenaria (ISAIA, 2007).

No que diz respeito aos blocos cerâmicos, a NBR 15270-1 e 2 (ABNT, 2017) estabelecem algumas características que devem ser atendidas, sendo as principais, o índice de absorção de água, que deve estar entre 8% e 25% e a resistência à compressão da unidade, a qual necessita ser igual ou superior a 1,5 MPa em alvenarias de vedação com paredes vazadas na horizontal. Já no caso de blocos de concreto, a NBR 6136 (ABNT, 2016) indica que a absorção máxima de um bloco individual para vedação sem função estrutural deve ser menor que 11% e sua resistência a compressão deve apresentar um valor mínimo de 3,0 MPa.

Ainda falando sobre as características desses substratos, pode-se citar a pesquisa de Gummerson et al.¹ (1980 apud CARASEK, 1996 p.23), na qual obtiveram resultados de coeficientes de absorção entre diferentes tipos de blocos. Para blocos cerâmicos chegaram a um resultado de 0,32 a 0,72 mm.min^{-1/2} e para blocos de concreto o mesmo coeficiente apresentou um valor de 0,2 mm.min^{-1/2}.

¹ GUMMERSON, R. J.; HALL, W. D.; HOFF, W. D. Water movement in porous building materials II: hydraulic suction and sorptivity of brick and other masonry materials. **Building and Environment**, v. 15. 1980.

O substrato deve ter características adequadas para receber o revestimento, sendo que para obter um bom desempenho final o substrato terá que apresentar boas condições de absorção de água, porosidade e textura superficial. Caso tais circunstâncias não sejam devidamente atendidas deve-se estudar a utilização de um tratamento superficial ao substrato (BAUER et al., 2005).

2.1.1 Absorção

Bauer (1987) afirma que a propriedade de maior relevância do bloco é a absorção, ideia a qual é acordada com Kazmierczak (1989) quando reconhece que a característica que mais importa nas alvenarias é a absorção de água. Paes, Bauer e Carasek (2005) apontam que o substrato, através de sua capacidade de absorção de água é, normalmente, a maior responsável pela perda de água da argamassa após a aplicação, e por esse motivo definem a absorção como o atributo de maior importância na base de aplicação do revestimento.

Além disso, quanto maior a resistência do componente da alvenaria menor será a sua absorção de água, visto que a sua estrutura estará mais compactada, visto que a impermeabilidade está ligada com a aderência (BAUER, 1987). Dessa forma, pode-se apresentar as orientações de GRIMM e HOUSTON (1975), ao quais alertam a necessidade de molhar substratos com alta capacidade de absorção de água, para garantir uma boa adesão.

Para demonstrar ainda com mais clareza a importância da absorção de água na alvenaria Jaworoski (1990) explana que a resistência da aderência é diretamente afetada pela taxa inicial de absorção do substrato. Levando isso em consideração pode-se citar Sabbatini (1984), o qual pontua que a rápida ou muito lenta sucção inicial faz com que os blocos retirem água de amassamento com uma velocidade inadequada para a correta evolução da aderência. No caso da absorção do componente ser muito lenta, o material aglomerante da argamassa não irá penetrar os poros do substrato, gerando assim uma má aderência, e neste mesmo cenário também poderá ocorrer a formação de um filme de água entre a argamassa e a base, o que também contribui para uma má adesão (SABBATINI, 1984).

Taha et al. (2001) salientam que unindo a absorção inicial de água do substrato com a retenção de água da argamassa é possível escolher a melhor combinação do tipo de argamassa e de bloco a ser utilizado para garantir uma boa aderência. Já Anderegg (1942) explana que a taxa de absorção do substrato é mais importante do que a água total absorvida pelo mesmo, pois a absorção de água inicial afeta diretamente a hidratação da argamassa e conseqüentemente a aderência.

Alguns estudos relativamente recentes nos trazem resultados de absorção em diferentes substratos cerâmicos para vedação, sendo eles: a pesquisa de Brandão et al. (2005), na qual a absorção dos blocos cerâmicos foram de 19,5%, a análise de Scartezini e Carasek (2003), na qual encontraram um valor de 18,6% para o mesmo atributo e o estudo de Carasek et al. (2017) no qual o resultado desta característica foi de 10,1% para um bloco cerâmico com nove furos, sendo que o mesmo apresentou uma absorção de água inicial de 12,6%.

2.1.2 Porosidade

Carasek et al. (1997) realizaram um estudo onde constataram que a aderência de argamassas à base de cimento é decorrente do intertravamento de cristais de etringita no interior dos poros do substrato. Substratos com baixa porosidade e de superfícies lisas prejudicam a aderência dos revestimentos, por dificultar a microancoragem e a macroancoragem (MOURA, 2007). Atributos como a distribuição de poros e a textura superficial e são de extrema importância para garantir a aderência da argamassa de assentamento ou de revestimento ao substrato (ISAIA, 2007). Paes, Bauer e Carasek (2005) ressaltam que o diâmetro, estrutura, volume, distribuição e interconectividade de poros influem diretamente no transporte de água fresca para o substrato poroso.

Kazmierczak, Brezezinski e Collatto (2009) também relacionam a porosidade do substrato com a capacidade de absorção de água e explanam que a quantidade de poros com diâmetro superior a 50 μm (denominados macroporos) exerce grande influência na capacidade de absorção, pois são os maiores responsáveis pela permeabilidade da base. Poros menores que 0,1 μm não são considerados como ativos pois absorvem quantidades insignificantes de água (GALLEGOS, 1995).

Fortalecendo com as afirmações anteriores Selmo² (1996 apud BIANCHIN, 1999, pg. 58) afirma que a aderência depende da textura e da porosidade da base e quando a superfície de ancoragem é aumentada a extensão de aderência também será ampliada. Backlandt (2005) abordou o assunto de adesão em meios porosos e salientou que a porosidade e a rugosidade contribuem para aumentar a área de contato efetiva, gerando assim uma melhor ancoragem mecânica. A aderência da argamassa à base é um fenômeno essencialmente mecânico, gerado

² SELMO, S. M. S. **Revestimentos de Argamassas de Paredes e Tetos de Edifícios – projeto, execução e manutenção.** São Paulo, 1996. Curso Intensivo de Argamassas de Assentamento e Revestimento. Associação Brasileira de Cimento Portland.

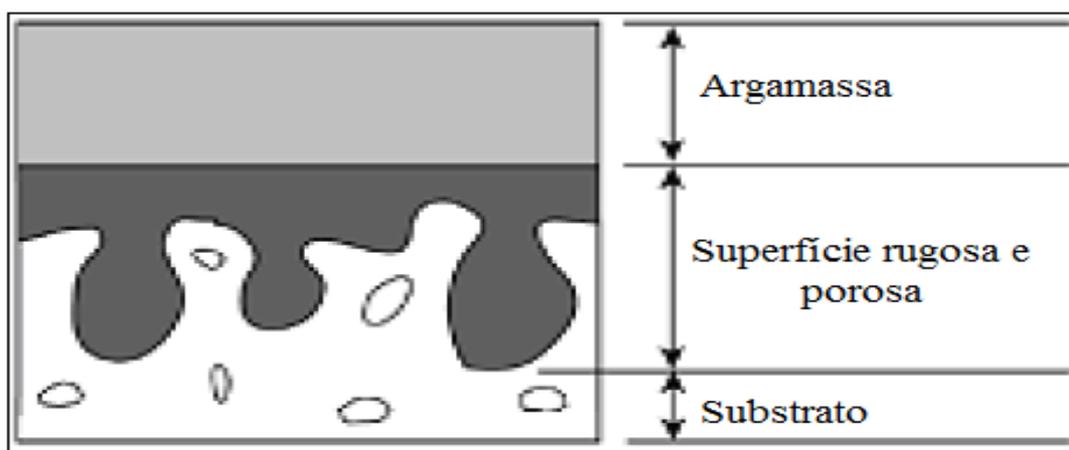
pela penetração da pasta de aglomerante nos poros e posterior cristalização, exercendo ação de ancoragem da argamassa ao substrato (CARASEK et al., 2001).

Existem algumas formas para analisar a porosidade dos elementos, estando entre elas os meios quantitativos. Os métodos utilizados por esses meios são: a porosimetria por intrusão de mercúrio ou nitrogênio e a análise de imagens (JUNIOR; CAMARINI, 2013).

2.1.3 Rugosidade e Textura Superficial

No que diz respeito à rugosidade superficial do componente Jaworoski e Campagnolo (1990) alegam que a textura das unidades são condições que afetam a aderência. Para enriquecer o assunto, Ritchie (1957 apud Kazmierczak 1989, p. 46) afirma que uma textura muito rugosa pode ocasionar falhas na ligação entre o substrato e a argamassa, ideia a qual Gonçalves (2004) não concorda, quando afirma que o travamento mecânico, gerado pela penetração da argamassa nas irregularidades do substrato é a principal força de atuação na aderência, e que ao se aumentar a rugosidade superficial do substrato, pode-se aumentar a força medida na interface. A Figura 1 exemplifica o intertravamento mecânico entre a interface da argamassa com a rugosidade do substrato.

Figura 1 - Interface argamassa/substrato



Fonte: Adaptado de Emmons³ (1994 apud Bélair, 2005).

O intertravamento mecânico e as modificações de ângulo de contato são efeitos fundamentais da rugosidade da superfície. O primeiro está relacionado com a ondulação da

³ EMMONS, P. H. et coll. **Concrete repair in the future turn of the century – Any problems?**. Vol. 6, n°3, 1994. p. 42-49.

superfície enquanto o segundo é muito mais influenciado pela micro-rugosidade (GARBAZ, 2006).

Para garantir a macro-aderência a superfície deve estar com uma textura superficial adequada, sendo que os principais efeitos que tal textura irá gerar são: o intertravamento mecânico e a modificação do ângulo de contato. Já o aumento da área de contato, produzida pela macro-rugosidade, poderá proporcionar um aumento na extensão de aderência da base de aplicação, resultando assim em uma maior resistência a aderência, porém, a argamassa que será utilizada deverá ter reologia compatível com a rugosidade do substrato, pois esta terá que preencher adequadamente as reentrâncias geradas pela textura (PAGNUSSAT et al., 2011).

2.2 ARGAMASSA DE CHAPISCO COMO PREPARO DA BASE

A função do chapisco é gerar condições de fixação em superfícies lisas e pouco porosas, melhorando a sua aderência (AZEREDO, 1990). Para corroborar com esta ideia Bauer et al. (2005) mencionam que o chapisco tem a finalidade de fornecer ao substrato uma textura adequadamente rugosa e com porosidade que permita o desenvolvimento da aderência, e também regular a absorção da água pelo substrato.

A necessidade da utilização do chapisco depende de diversos fatores, como exemplo disso têm-se que em substratos com alta porosidade (alvenarias de bloco de concreto, concreto celular e blocos cerâmicos altamente porosos) aconselha-se a utilização do chapisco, pois tal característica prejudica a aderência dos revestimentos devido à perda excessiva de água da argamassa para o substrato (RUDUIT, 2009). Preto (2007) alerta que de não adianta ter uma boa aderência da argamassa ao chapisco, se este não aderir adequadamente ao substrato.

Já segundo Moura (2007), substratos com baixa porosidade e de superfícies lisas prejudicam a aderência dos revestimentos, por dificultar a microancoragem e a macroancoragem, sendo assim a utilização do chapisco pode melhorar estes atributos nestes tipos de substratos. Recena (2012) tem a ideia de que o chapisco serve somente como um meio de uniformização do substrato, pois as ranhuras e os sulcos existentes na maioria dos substratos são suficientes para garantir a aderência.

Outra grande importância para utilização do chapisco é o fato das alvenarias serem compostas por blocos e argamassa de assentamento, cujo elementos apresentam coeficientes de absorção e porosidade distintos. Nesse momento surge a necessidade de uniformizar os substratos de alguma forma (BAÍIA; SABBATINI, 2008; p. 62, RECENA, 2012).

2.3 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

Para que os revestimentos argamassados possam cumprir corretamente suas atribuições, eles precisam atender um conjunto de propriedades, tanto no estado fresco como no estado endurecido. A compreensão de tais propriedades permitirá a avaliação do comportamento do revestimento frente às suas utilizações (BAÍA; SABBATINI, 2008)

De acordo com Yoshida e Barros (1995), as características das argamassas dependem da sua utilização. Os mesmos autores também apresentam comparativos sobre as características necessárias variando com suas funções, podendo ser observados no Quadro 1.

Quadro 1 - Usos, funções e propriedades das argamassas

Usos	Funções	Propriedades
Assentamento Estrutural	Resistir à esforço mecânicos, unir os elementos da alvenaria, vedar juntas	Trabalhabilidade, retenção de água, resistência mecânica inicial e final, estabilidade volumétrica, capacidade de assimilar deformações.
Assentamento convencional	Unir os elementos da alvenaria, vedar juntas	Trabalhabilidade, retenção de água, resistência mecânica inicial, estabilidade volumétrica, capacidade de absorver deformações.
Assentamento de acabamentos	Unir elementos de acabamento ao substrato	Trabalhabilidade, retenção de água, <u>aderência, estabilidade volumétrica, capacidade de absorver deformações.</u>
Chapisco	Unir camadas de revestimento ao substrato	Trabalhabilidade, aderência
Emboço	Vedar a alvenaria, regularizar a superfície, proteger o ambiente internamente	Trabalhabilidade, retenção d'água, <u>estanqueidade, aderência, estabilidade volumétrica</u>
Reboco	Vedar o emboço (acabamento)	Trabalhabilidade, aderência, estabilidade volumétrica

Fonte: Yoshida e Barros (1995).

Corroborando com os dados do Quadro 1, Recena (2012) afirma que um mesmo traço de argamassa deverá apresentar trabalhabilidades diferentes para cada uso. Cincotto et al. (1995) também apresentam algumas características que as argamassas devem possuir para fazer parte de um sistema de revestimento, podendo ser observadas no Quadro 2, e salientam que as propriedades ligadas a segurança, habitabilidade e compatibilidade entre materiais referem-se

à argamassa no estado endurecido, enquanto os demais atributos estão ligados ao estado fresco da argamassa.

Quadro 2 - Função do revestimento *versus* propriedades da argamassa

Requisitos:	Propriedades da argamassa e da base:
Segurança	Resistência mecânica (resistência à tração e compressão, resistência ao desgaste superficial - abrasão; resistência ao impacto; resistência ao fogo)
Habitabilidade	Estanqueidade à água; isolamento térmico e acústico
Compatibilidade com a base	Consistência; plasticidade; trabalhabilidade; aderência; permeabilidade; índice de sucção
Compatibilidade entre materiais	Durabilidade

Fonte: Adaptado de Cincotto et al. (1995).

2.3.1 Propriedades da Argamassa de Revestimento no Estado Fresco

As propriedades da argamassa no estado fresco influenciam diretamente no revestimento pronto. Dentre as principais características nesse estado estão: trabalhabilidade, consistência e plasticidade, retenção de água, massa específica e teor de ar incorporado, aderência inicial e retração na secagem (CINCOTTO et al., 1995).

2.3.1.1 Trabalhabilidade

A trabalhabilidade das argamassas é uma propriedade resultante de diversos outros atributos, tais como: consistência, plasticidade, massa específica e retenção de água (KAMPF, 1961; RILEM, 1982). De acordo com Recena (2012), a trabalhabilidade pode ser entendida como a facilidade de dispor a argamassa em sua posição final, cumprindo apropriadamente sua finalidade, sem comprometer o bom andamento da tarefa no que diz respeito a rendimento e custo.

Para Rosello (1976), uma argamassa para revestimentos é considerada trabalhável quando:

- a) apresenta fácil espalhamento, preenchendo todas as reentrâncias da base;
- b) não endurecer em contato com as superfícies absorptivas, permanecendo plástica durante o tempo de utilização;
- c) não segregar ao ser transportada, nem agarrar à colher de pedreiro quando está sendo aplicada;
- d) não apresentar peso excessivo para evitar o cansaço do pedreiro.

Silva (2011) traz conceitos muito parecidos quando afirma que uma argamassa é dita trabalhável quando não gruda na colher de pedreiro, não segrega ao ser transportada, não endurece em contato com superfícies e permanece plástica durante o tempo de aplicação. Tais características serão de suma importância para o comportamento do revestimento já no estado endurecido, conforme o autor.

O excesso de água, desde que rompida a coesão, tornará a argamassa fluida, mas menos trabalhável devido à perda de coesão, incapacitando-a para a função que se destina (RECENA, 2012). Baía e Sabbatini (2008) ressaltam que as características dos materiais constituintes da argamassa e seu proporcionamento poderão afetar a trabalhabilidade, bem como a presença de cal e de aditivos incorporadores de ar.

Quanto mais fina a granulometria da areia utilizada na argamassa melhor será a sua trabalhabilidade, porém, a sua aderência irá ser afetada para pior, juntamente com a fissuração do revestimento que será muito maior (GUIMARÃES, 1997). Gonçalves (2004) frisa que a trabalhabilidade da argamassa é um fator de extrema importância, pois afeta diretamente a aderência ao substrato.

2.3.1.2 Consistência e plasticidade

Consistência é a propriedade da argamassa pela qual essa tende a resistir à deformação e está diretamente ligada a relação de água/aglomerante e a granulometria da areia utilizada (CINCOTTO et al., 1995). Já de acordo com a RILEM (1982), a consistência é a propriedade pela qual a argamassa tende a resistir às deformações, e ela diminui conforme a mistura fica mais seca.

O termo “trabalhabilidade” é dependente da consistência e da plasticidade (SELMO, 1989). Para mensurar a consistência de uma determinada argamassa a NBR 13276 (ABNT, 2016) define metodologias para estabelecer o índice de consistência.

Por sua vez, a plasticidade é o atributo pelo qual a argamassa tende a conservar-se deformada após a retirada de tenções de deformação (ISAIA, 2007). Já de acordo com Guimarães (2002) a plasticidade é a expressão da possibilidade de uma força externa causar deslocamento de partículas em relação às outras, sem saírem de suas esferas de atração. As argamassas destinadas ao revestimento de paredes deverão ter uma maior plasticidade, obtida pelo aumento de volume da pasta, ou seja, pela adição de água à mistura, isso garantirá a aderência instantânea ao substrato e permitirá um melhor acabamento (RECENA, 2012).

2.3.1.3 Retenção de água

A retenção de água representa a capacidade de a argamassa reter a água de amassamento contra a absorção da base ou contra a evaporação, sendo que a retenção permite que as reações de cristalização (endurecimento) da argamassa se tornem mais gradativas, promovendo assim a apropriada hidratação do cimento e conseqüente ganho de resistência (BAÍÁ; SABBATINI, 2008). Isaia (2007) segue a mesma linha de pensamento quando explana que a retenção de água é a propriedade que está associada à capacidade da argamassa fresca de manter a sua trabalhabilidade quando exposta a solicitações que provocam a perda de água tanto pela absorção da base quanto por evaporação.

A retenção de água também está relacionada com a tensão superficial do aglomerante e que confere à argamassa a capacidade de não enrijecer em contato com superfícies absorventes (ROSELLO, 1976). Recena (2012) diz que a capacidade das argamassas em reter água é de extrema importância para evitar deslocamentos no revestimento posteriormente, ideia a qual é acordada por Silva (2011) quando explana que a retenção de água exerce um papel fundamental nas argamassas de revestimento, pois a água deve permanecer no interior da argamassa o tempo necessário para que ocorra a hidratação do cimento. Pode-se citar também que existem métodos para a medição da retenção de água em argamassas no estado fresco, os quais são normatizados pela NBR 13277 (ABNT, 2005).

Já a retenção específica é a capacidade de uma argamassa liberar lentamente a água empregada na sua preparação para o meio ambiente ou para os substratos sendo que quanto maior a quantidade de água empregada na mistura, maior será a perda por evaporação e, conseqüentemente, maior será a fissuração do revestimento posteriormente (RECENA, 2012).

Também pode-se explicar que existem aditivos que melhoram a capacidade de retenção de água nas argamassas, Cincotto et al. (1995) expõem que derivados de celulose e incorporadores de ar podem auxiliar nesta característica.

2.3.1.4 Massa específica e teor de ar incorporado

A massa específica se refere à relação entre a massa da argamassa e seu volume. Esta pode ser absoluta (vazios do maciço não são considerados) ou relativa (onde consideram-se os vazios) (MACIEL, BARROS; SABBATINI, 1998).

O teor de ar incorporado (ou aprisionado) é a quantidade de ar existente em um certo volume de argamassa, sendo que estas propriedades interferem diretamente na consistência da argamassa, e que uma argamassa com menor massa específica e maior teor de ar incorporado apresenta melhor trabalhabilidade (BAÍA; SABBATINI, 2008). Cincotto et al. (1995) explanam que o ar incorporado na verdade é o percentual de vazios presentes na argamassa, provenientes após a evaporação do excesso de água da mistura, e que quando maior este percentual menor será a densidade de massa da argamassa no estado endurecido posteriormente, propriedade que pode ser mensurada por meio dos ensaios preconizados na NBR 13280 (ABNT, 2005).

Quanto mais leve for a argamassa (maior quantidade de ar incorporado), mais trabalhável será a longo prazo, assim reduzindo o esforço do operário na sua aplicação e conseqüentemente, aumentando a produtividade (ISAIA, 2007). No Brasil a NBR 13278 (ABNT, 2005) estabelece métodos de ensaio para a determinação da massa específica e do teor de ar incorporado em argamassas no estado fresco.

Ainda, segundo Baía e Sabbatini (2008) quanto maior o percentual de ar incorporado menor será a massa específica relativa da argamassa, além disso, o teor de ar incorporado pode ser aumentado por meio de aditivos incorporadores. Mas os autores advertem: os usos desses aditivos devem ser cuidadosos, pois um percentual muito alto de ar incorporado pode prejudicar a resistência mecânica e a aderência da argamassa.

2.3.1.5 Aderência inicial

A aderência inicial está relacionada ao fenômeno mecânico que ocorre em superfícies porosas, pela ancoragem da argamassa no substrato, através da entrada da pasta nos poros e saliências, seguido da cristalização progressiva da pasta e depende das características da base

de aplicação, tais como: porosidade, rugosidade e condições de limpeza da superfície de contato (BAÍA; SABBATINI, 2008). Ainda de acordo com os autores, para se obter uma aderência inicial adequada, a argamassa deve apresentar uma trabalhabilidade e retenção de água adequadas à sucção do substrato, e também deve ser comprimida (desempenada) após a sua aplicação para promover maior contato com a base.

A trabalhabilidade da argamassa fresca unida com as características da base, como porosidade e textura, juntamente com um tratamento prévio que aumente a superfície de aderência, podem contribuir para melhoria da adesão inicial das argamassas (BOYTON; GUTSCHIK, 1964). Já de acordo com Geyer (1994), a rugosidade do substrato influi de maneira benéfica na aderência, uma vez que proporciona uma maior adesão física.

Cincotto et al. (1995) afirmam que a aderência inicial da argamassa fresca ao substrato é a propriedade que caracterizará o comportamento futuro do sistema base-revestimento quanto ao desempenho decorrente da aderência. Se as condições ideais acima citadas para a aplicação da argamassa não forem atendidas, poderá ocorrer a perda de aderência em razão da entrada rápida da pasta nos poros do substrato, sendo que tal fenômeno ocorre devido à sucção da base ser maior que a retenção de água da argamassa, conseqüentemente, causando descontinuidades da camada de argamassa sobre o substrato (BAÍA; SABBATINI, 2008).

Recena (2012) traz o conceito de aderência instantânea, que seria a capacidade da argamassa de se manter aderida à superfície por um curto espaço de tempo. Conforme o autor, essa aderência é obtida pelo vácuo formado no processo de deformação que a argamassa experimenta quando projetada sobre a superfície que compõe a base de aplicação. Ainda conforme o pesquisador essa aderência instantânea dependerá essencialmente da coesão e da plasticidade da argamassa e que materiais finos, preferencialmente aglomerantes, são elementos que garantem a coesão, e que devem ser dosados em proporções suficientes para reter a água acumulada e garantir a estabilidade de volume, gerando assim a aderência instantânea sem a ocorrência de segregação dos materiais constituintes.

O que ocorre logo após à aderência inicial é chamada de macroaderência e caracterizada pelo preenchimento de reentrâncias e saliências propositalmente feitas na superfície de aplicação. Depois disso sucede-se a microancoragem, que são as formações de “raízes” nos poros dos substratos (RECENA, 2012).

2.3.1.6 Retração na secagem

A retração na secagem ocorre devido à evaporação da água de amassamento da argamassa e, também, pelas reações de hidratação e carbonatação dos aglomerantes, e isto pode gerar, posteriormente, fissuras no revestimento (BAÍÁ; SABBATINI, 2008). Segundo Isaia (2007), a principal contribuição para o surgimento de fissuras é devido à secagem da argamassa.

Os fatores que influenciam neste atributo são as características dos materiais constituintes da argamassa, a espessura e o intervalo de tempo entre as aplicações das camadas e o tempo para iniciar e finalizar o sarrafeamento e desempenho (BAÍÁ; SABBATINI, 2008). Os autores também afirmam que argamassas com altos teores de cimento estão mais sujeitas às tensões causadoras de fissuras durante a secagem, e fazem um adendo que camadas de argamassa com espessura maiores que 25 mm tendem a apresentar maior fissuração.

A retração na secagem também é influenciada pelo agregado miúdo, sendo que quanto maior seu módulo de finura maior será a retração. Outro fator que irá influenciar o surgimento de fenômeno, é a granulometria descontínua do agregado (GUIMARÃES, 1997).

2.3.2 Propriedades das Argamassas de Revestimento no Estado Endurecido

As propriedades da argamassa no estado endurecido estão ligadas intimamente aos componentes da base e a forma como ocorre a ligação entre a argamassa e o substrato (CINCOTTO et al., 1995). Os autores ainda comentam que as principais características no estado endurecido são: aderência, capacidade de absorver deformações, resistência mecânica, permeabilidade e durabilidade.

2.3.2.1 Aderência

A aderência é a capacidade da argamassa manter-se aderida ao substrato, mesmo diante de movimentações diferenciadas, choques térmicos, impactos e outras solicitações (RECENA, 2012). Já conforme Rosello (1976), no revestimento endurecido, define-se a aderência como a característica que permite à argamassa absorver tensões normais ou tangenciais na superfície de interface com o substrato. No Brasil, a avaliação da resistência de aderência à tração de revestimentos argamassados é normatizado pela NBR 13528 (ABNT 2010).

A capacidade de aderência da interface base-argamassa depende da capacidade de retenção de água, da consistência e do percentual de ar incorporado na argamassa e é influenciada favoravelmente pela granulometria fina do agregado (CINCOTTO et al., 1995). Parte de tais afirmações são acordadas por Baía e Sabbatini (2008) quando explanam que a aderência no estado endurecido depende essencialmente das propriedades da argamassa no estado fresco, dos procedimentos de execução e das características e condições superficiais da base de aplicação.

A aderência no estado endurecido é o resultado de três características da interface base/argamassa, sendo elas a resistência de aderência à tração, a extensão de aderência e a resistência ao cisalhamento (JAWOROSKI, 1990). O autor também salienta que as condições na qual o revestimento foi exposto também podem afetar a resistência de aderência.

Kebhard e Kazmierczak (2017) realizaram um estudo variando o tempo de aplicação de uma argamassa estabilizada por 36 horas para catalogar as diferenças nas resistências de aderência dos revestimentos, sendo que obtiveram os seguintes resultados: todos os revestimentos apresentaram uma boa resistência de aderência, que se mantiveram até o tempo de estabilização de 24 horas, e a partir desse ponto começaram a apresentar quedas nas resistências. Outro estudo importante em relação à resistência de aderência é o realizado por Casali et al. (2011) no qual compararam a aderência de seis diferentes traços de argamassa, e como resultado não obteve nenhum comportamento igual entre elas, concluindo assim que cada traço de argamassa deve ser analisado individualmente no que diz respeito a resistência de aderência.

2.3.2.2 Capacidade de absorver deformações / fissuração

A capacidade de absorver deformações é a propriedade do revestimento de suportar tensões sem romper, sem apresentar fissuras prejudiciais e sem perder a aderência ao substrato (BAÍA; SABBATINI, 2008). Recena (2012) ressalta que em revestimentos, a argamassa irá cobrir, num mesmo paramento vertical, diferentes materiais, os quais terão variações térmicas e hidrométricas diferentes, sendo assim, ela terá que suportar as deformações provenientes da dilatação/retração destes mesmos materiais. Os revestimentos devem apresentar capacidade de deformação, para que possam “trabalhar” sem ruptura, ou através de microfissuras que não comprometam sua aderência, estanqueidade e durabilidade (SELMO, 1989).

A capacidade de um material em absorver esforços por deformação pode estar relacionada com o seu módulo de elasticidade, que pode ser conceituado como a tensão necessária para promover deformação de uma unidade de comprimento (RECENA, 2012). O mesmo autor também ressalta que há grandes dificuldades em estabelecer um valor para o módulo de elasticidade nas dosagens de argamassa, uma vez que ele irá variar dependendo os materiais utilizados e a função que a argamassa terá que desempenhar.

As deformações podem ser de grande ou pequena amplitude e o revestimento argamassado tem a responsabilidade de absorver as de pequena amplitude (provenientes da ação da umidade ou da temperatura), mas não as de grande amplitude que são originadas por fatores externos, tais como recalques estruturais (BAÍÁ; SABBATINI, 2008). Ainda de acordo com os autores, a capacidade de absorver deformações está diretamente ligada aos seguintes fatores: módulo de elasticidade (deformação) da argamassa, espessura das camadas, juntas de trabalho do revestimento e da técnica de execução.

A adequação da elasticidade e resistência a tração não significa a total inexistência de fissuras, mas sim a ocorrência de microfissuras e com pequeno distanciamento entre si, de modo a não se propagarem, e conseqüentemente, não sendo prejudiciais à estanqueidade e a durabilidade do revestimento argamassado (CINCOTTO et al., 1995). A fissuração em revestimentos de argamassa também é em função de fatores intrínsecos, tais como: consumo de cimento, teor de finos, quantidade de água de amassamento, resistência de aderência à base, número e espessura de camadas e perda de água (BAUER, 1994). O autor também destaca que o agregado deve apresentar granulometria contínua e teor de finos adequado, pois o excesso de finos acarreta maior consumo de água de amassamento, e conseqüentemente, gera maior retração por secagem.

Silva e Bauer (2009) adotaram um método para medição de fissuração em revestimentos argamassados, para que assim esta análise não preponderasse apenas visualmente. O mecanismo proposto consiste em somar os comprimentos lineares de fissuras em todas as direções dividindo o resultado pela área da parede, assim obtendo a intensidade de fissuração, a qual é expressa em m/m^2 .

2.3.2.3 Resistência mecânica

A resistência mecânica é a propriedade dos revestimentos de suportarem as ações de diferentes origens, devidas à abrasão superficial, ao impacto e à contração térmica, sendo que

a resistência mecânica aumenta com a redução da proporção de agregado na argamassa e varia inversamente com a relação água/cimento da mistura, ou seja, quanto menor essa relação, maior será a resistência da argamassa (BAÍA; SABBATINI, 2008). Silva (2011) explica que a resistência mecânica é influenciada pelas características e pelo proporcionamento dos materiais constituintes da argamassa, e essa característica normalmente melhora empregando um maior consumo de cimento na mistura.

Carneiro (1999), ao discutir as resistências mecânicas das argamassas, afirma que a granulometria da areia afeta diretamente esta propriedade. Corroborando com essa ideia Oliveira (1989) e Joisel (1981) colocam que areias de granulometria contínua propiciam uma estrutura mais compacta, requerendo menor volume de pasta. Quanto mais fino o cimento utilizado na argamassa, maior será a resistência mecânica obtida, tanto a resistência final como principalmente a inicial (BAUER et al., 2005). Tais autores também difundem a ideia de que a finura influi decisivamente na reatividade e na velocidade das reações químicas que se processam durante o processo de pega e endurecimento.

A resistência mecânica diz respeito à propriedade dos revestimentos possuírem um estado de consolidação interna capaz de suportar esforços mecânicos, normalmente por tensões simultâneas de compressão, tração e cisalhamento (SELMO, 1989). Cincotto et al. (1995) ressaltam que a resistência mecânica dos revestimentos tem que suportar as solicitações devidas às movimentações higroscópicas e térmicas, tanto no próprio revestimento, quanto na base, formando assim um elo entre a resistência mecânica e a elasticidade do revestimento.

Ainda, conforme Recena (2012) a resistência mecânica das argamassas será sempre um elemento relevante no controle de avaliação da qualidade, pela verificação da homogeneidade das operações de produção. Para avaliar tal parâmetro têm-se a NBR 13279 (ABNT, 2005), a qual traz os procedimentos para a realização dos ensaios pertinentes ao assunto.

2.3.2.4 Permeabilidade e durabilidade

A permeabilidade está relacionada à passagem de água pelo revestimento argamassado, o qual é um material poroso e permite a percolação de água tanto no estado líquido quanto no de vapor, sendo assim é um atributo estritamente relacionado ao conjunto substrato-revestimento (BAÍA; SABBATINI, 2008). Os mesmos autores explanam que o revestimento deve ser estanque à água, impedindo assim a sua percolação, porém, deve ser

permeável ao vapor para favorecer a secagem da umidade de infiltração proveniente de chuvas. A percolação somente irá ocorrer se houverem forças que conduzam água incidente nos revestimentos por aberturas, tais forças são divididas entre energia cinética das gotas de chuva, gravidade, capilaridade e pressão decorrente do vento (KAZMIERCZAK, 1989).

Já Selmo (1989) sustenta que a permeabilidade é a propriedade que identifica a possibilidade de passagem de água através de um dado material. Cincotto et al. (1995) incluem como formas de passagem de água no revestimento os seguintes meios: infiltração sob pressão e capilaridade. Os autores também ressaltam que a permeabilidade reduz à medida que evolui o endurecimento da argamassa e no Brasil esse atributo pode ser avaliado por meio dos procedimentos preconizados na NBR 15259 (ABNT, 2005).

A estanqueidade do sistema de revestimento pode ser relacionada com a durabilidade, a qual é definida como uma propriedade do período de uso do revestimento, resultante dos tributos do revestimento no estado endurecido e que reflete o desempenho do conjunto diante das ações ao longo do tempo (BAÍÁ; SABBATINI, 2008). Ainda de acordo com os autores, fissuras, espessuras excessivas do revestimento e a proliferação de microrganismos podem afetar a qualidade do conjunto. Recena (2012) define durabilidade como sendo a capacidade de uma argamassa em manter sua estabilidade química e física ao decorrer do tempo em condições normais de exposição, desde que submetidas aos esforços que foram previstos em projeto, sem deixar de cumprir as funções para qual foi concebida.

2.4 ARGAMASSA ESTABILIZADA PARA REVESTIMENTOS

As argamassas estabilizadas fazem parte das argamassas industrializadas. Por ainda não serem um produto popular e difundido, há poucas informações sobre elas e muito ainda deve ser aprendido sobre as técnicas de aplicação, limitações e cuidados no que diz respeito a argamassas estabilizadas (RECENA, 2012).

Ainda de acordo com Recena (2012), as argamassas estabilizadas são produtos desenvolvidos para serem produzidos em centrais dosadoras e que normalmente são constituídas pelos seguintes elementos: cimento Portland, agregado miúdo, água, aditivo estabilizador, aditivo incorporador de ar e eventualmente adições minerais sem atividade química significativa. Ainda segundo o autor, a grande diferença da argamassa estabilizada reside no emprego de um aditivo chamado estabilizador, o qual tem a propriedade de permitir que a argamassa não perca sua trabalhabilidade por um intervalo de tempo considerável, e conseqüentemente não entre em pega pelo mesmo período de tempo. Andrade et. al. (2011),

corroboram afirmando que para retardar o tempo de pega e preservar as características da argamassa, são introduzidos aditivos estabilizadores de hidratação, além de incorporadores de ar.

O aditivo estabilizador de hidratação atua sobre as moléculas de cimento, inibindo a reação da água, mantendo a estabilidade da argamassa por mais tempo (BIANCHINI et al., 2007). Já segundo Salvador (2011), o aditivo estabilizador de hidratação é considerado um agente ativo de superfície com o objetivo de impedir a nucleação na superfície de hidratos ricos em íons de cálcio, sendo assim, o mecanismo de ação baseia-se na inibição da nucleação do C-S-H (silicato de cálcio hidratado) e CH (hidróxido de cálcio).

O aditivos estabilizadores inibem a reação do cimento enquanto a argamassa estiver saturada, e por este motivo quando houver a necessidade de armazenar a argamassa de um dia para o outro necessita-se da aplicação de uma película de água sobre a superfície da argamassa armazenada (BAUER et al., 2015). O período de utilização relacionado ao tempo de pega deve ser encarado com muita cautela, principalmente em argamassas estabilizadas (BAUER et al., 2005).

No que diz respeito aos aditivos incorporadores de ar, Alves (2002) explana que quando adicionados às argamassas, geram uma quantidade controlada de bolhas microscópicas de ar, de tamanho e disposição espacial uniformes. Ainda segundo o autor, esses aditivos são tensoativos aniônicos, os quais, quando em contato às pastas de cimento, tendem a adsorver nas partículas sólidas da mistura, por meio de sua parte polar, com a parte apolar voltada para a fase aquosa, gerando assim um caráter hidrofóbico às partículas de cimento. O mesmo autor também explica que as bolhas de ar são formadas pelos tensoativos que não foram adsorvidos e estão livres na fase aquosa.

Continuando a citar Alves (2002), a incorporação de ar nas argamassas é proposital, pois ele influi diretamente nas seguintes propriedades:

a) rendimento: Quanto mais ar estiver aprisionado à mistura, maior será volume de argamassa obtido, pois a densidade da mistura estará sendo reduzida;

b) fissuração: A presença de ar incorporado permite uma diminuição na quantidade de materiais finos, conseqüentemente a água necessária na mistura irá diminuir, gerando menores retrações e possíveis fissuras;

c) plasticidade: A presença de ar aprisionado gera um ganho na plasticidade da argamassa;

Lara et al. (1995) fazem alguns adendos sobre o momento que tais aditivos devem ser incorporados à argamassa, conforme suas orientações, para melhorar o efeito dos aditivos, os plastificantes e retardadores de pega devem ser adicionados na água de amassamento, enquanto os incorporadores de ar devem ser lançados após a adição de aproximadamente 80% da água. Calçada et. al. (2013) realizaram uma pesquisa na qual verificaram variações no teor de ar incorporado ao passar do tempo de armazenamento da argamassa estabilizada, os autores constataram uma perda de trabalhabilidade da argamassa, a qual foi relacionada com um menor índice de ar aprisionado, conseqüentemente gerando uma redução na capacidade de resistência de aderência à tração do revestimento já no estado endurecido.

Afim de reduzir problemas com a trabalhabilidade Andrade et al. (2011), avaliaram os métodos de armazenagem da argamassa em obra, na qual constataram uma diferença entre os métodos “com película de água” e “sem película de água”, sendo que na presença da película a queda do índice de consistência foi menor em comparação na ausência da película, concluindo que a película se mostrou necessária na armazenagem para evitar perdas da água de amassamento pela evaporação. Apesar disso os autores detectaram uma redução na plasticidade do produto.

As argamassas estabilizadas não se tratam de argamassas com características diferentes das tradicionais, o que realmente é alterado como inovação é o conceito relativo à forma de aplicação e a possibilidade de serem fornecidas prontas e com um grande prazo temporal para utilização (RECENA, 2012). Oliveira (2006) avalia a logística relacionada as argamassas, comparado as dosadas em central com as produzidas *in loco*, e relataram que as dosadas em central dispõem menos recursos tais como: mão de obra para elaboração da argamassa e tempo de serviço, conseqüentemente se tornando mais práticas e eficientes em questão de produtividade. Ainda conforme o mesmo autor, a argamassa produzida *in loco* utiliza grande espaço destinado à estocagem de materiais, afetando assim a circulação e a celeridade dos serviços.

Em seu estudo Daré e Souza (2014) realizaram a comparação entre uma argamassa estabilizada e uma executada *in loco* e chegaram ao seguinte resultado: para as obras estudadas, a argamassa estabilizada gerou mais produtividade e seu custo foi em torno 39% menor por metro quadrado em relação a argamassa virada em obra. Não são somente os custos diretos que são diminuídos com o uso de argamassas dosadas em central, mas também há reduções nos custos indiretos, e juntamente com isto o aparecimento de patologias são menos prováveis pois este tipo de argamassa é um produto com a qualidade controlada (OLIVEIRA, 2006).

2.5 SISTEMA E INTERFACES DO REVESTIMENTO ARGAMASSADO

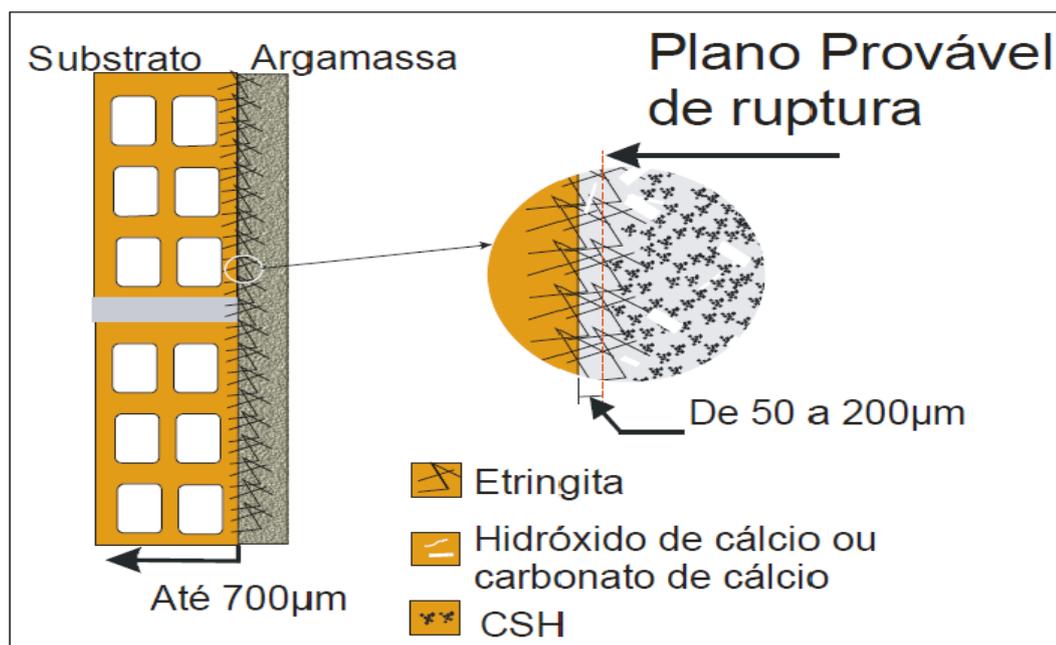
Para que os sistemas de revestimentos argamassados cumpram suas atribuições, devem possuir características que se adequem ao meio em que estão expostos (ABCP, 2002). Já de acordo com Baía e Sabbatini (2008) para que os revestimentos argamassados possam cumprir adequadamente suas funções, eles precisam atender um conjunto de propriedades específicas, sendo as principais:

- a) capacidade de aderência no estado endurecido;
- b) durabilidade;
- c) resistência ao desgaste superficial;
- d) resistência à tração;
- e) capacidade de absorver deformações.

As interfaces são regiões do espaço onde ocorrem interações entre materiais de mesma ou distintas naturezas, e seu estudo permite a compreensão de determinados fenômenos ligados ao assunto (ISAIA, 2007).

Carasek (1996), ao pesquisar a interface bloco cerâmico/argamassa, conseguiu visualizar a formação de cristais de etringita entre substrato e o revestimento, o qual pode ser contemplado na Figura 2. Ainda segundo a autora, a aderência ocorre, principalmente pelo intertravamento gerado pela penetração dos cristais nos poros do substrato.

Figura 2 - Representação do mecanismo de aderência entre argamassa e substrato



Fonte: Carasek et al. (2001).

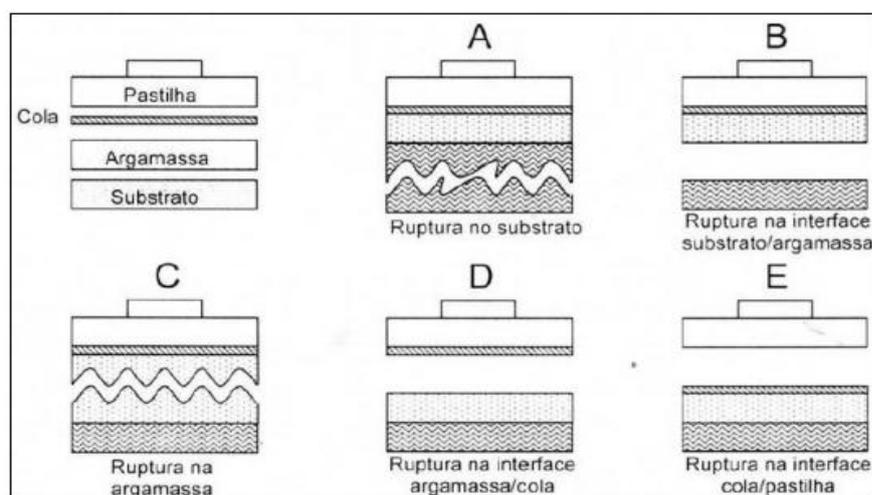
A conformação dos produtos de hidratação na interface substrato/argamassa se explica por uma sucessão de fatos, os quais iniciam com a mistura do cimento Portland com a água (CARASEK, CASCUDO; SCARTEZINI, 2001). Polito, Carvalho e Brandão (2009) também verificaram que através da análise microestrutural, que os cristais de etringita são responsáveis pela efetiva promoção da aderência à substratos porosos.

Para que a aderência entre as interfaces possa ser mais resistente e duradoura, a trabalhabilidade da argamassa fresca, a porosidade e rugosidade do substrato, e o preparo da base são de extrema importância para garantir a efetividade (PAES, 2004). Ruduit (2009) faz um adendo quando explana que se a energia de aplicação sobre o substrato não for suficiente e constante, podem ocorrer falhas na interface entre os dois materiais.

A NBR 13528 (2010) define resistência de aderência à tração (Ra) como sendo a tensão máxima suportada por uma área limitada de revestimento, na interface de avaliação quando submetido a um esforço normal constante. A mesma norma também traz o seu próprio conceito de aderência, o qual é definido como uma propriedade do revestimento de resistir às tensões normais atuantes na interface com o substrato, ainda conforme a norma a aderência não é uma propriedade da argamassa, sendo a interação entre as camadas constituintes do sistema de revestimento que se pretende avaliar.

Dependendo do tipo de tratamento superficial dado ao substrato pode-se obter diferentes formas de ruptura (NBR 13528, 2010). Como exemplo disto temos as Figuras 3 e 4, as quais demonstram as possíveis rupturas nas interfaces em casos com a utilização de chapisco ou diretamente no substrato.

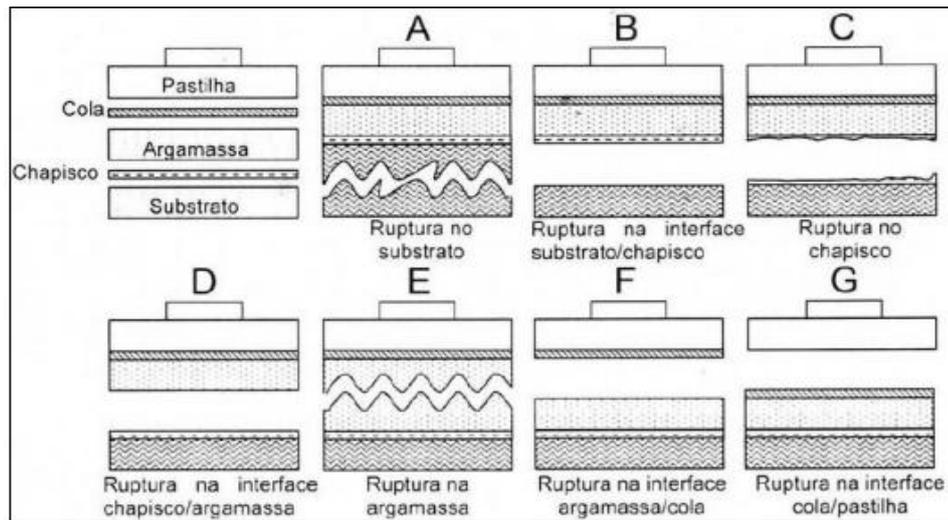
Figura 3 - Formas de ruptura para revestimento sem chapisco



Fonte: Adaptado de NBR 13528 (2010).

Comparando-se a Figura 3 com a Figura 4 pode-se perceber que o conjunto sem chapisco apresenta menos interfaces de rupturas possíveis. O sistema chapiscado apresenta sete meios diferentes de ruptura, enquanto o sem chapisco manifesta apenas cinco.

Figura 4 - Formas de ruptura para revestimento com chapisco

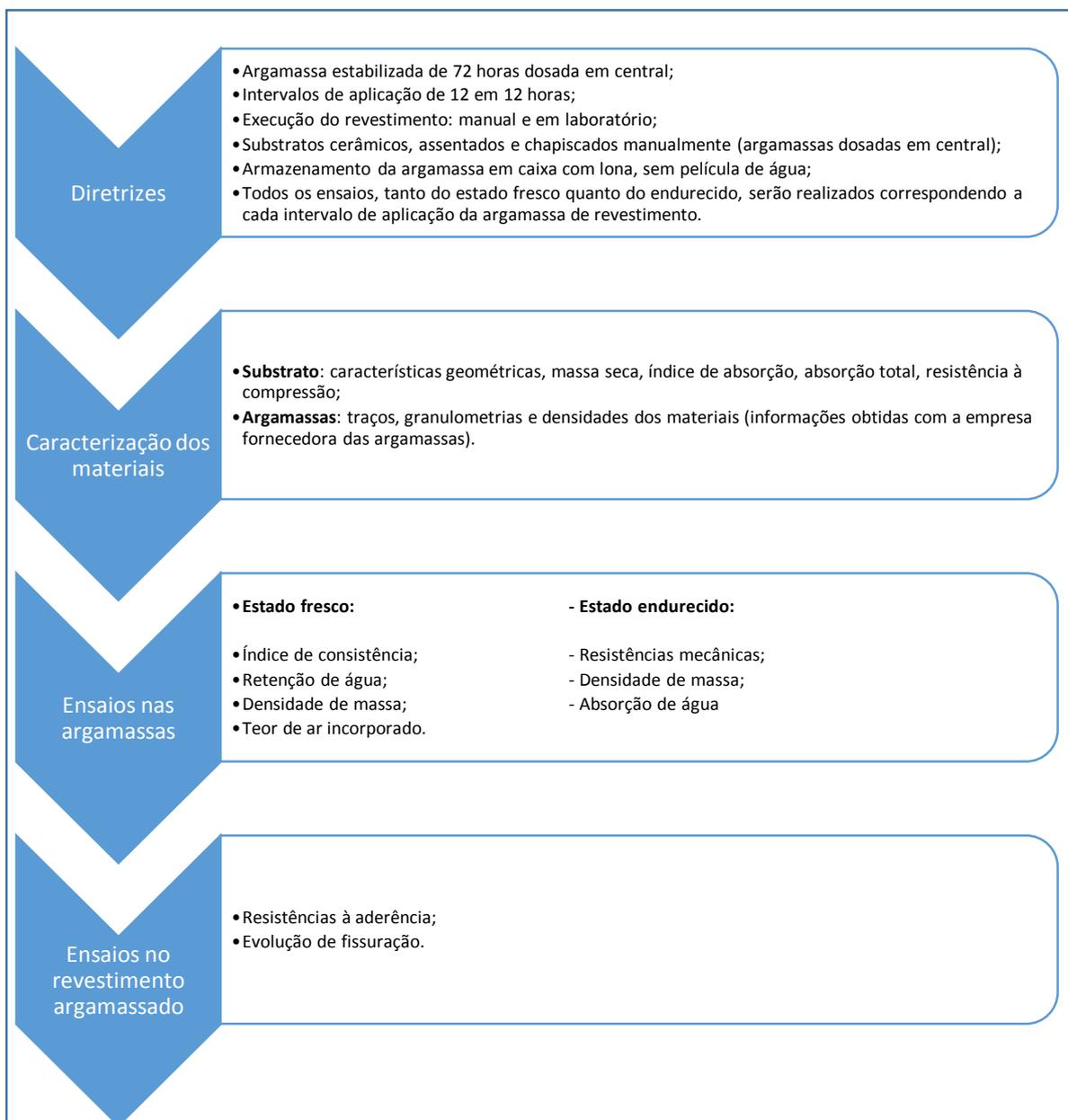


Fonte: Adaptado de NBR 13528 (2010).

3 METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados os materiais utilizados para desenvolver a presente pesquisa, bem como as metodologias empregadas. Foram analisadas as características do substrato cerâmico e da camada de chapisco como preparação da base, bem como as propriedades da argamassa estabilizada em si, tanto no estado fresco como no endurecido. Além disso, também foi estudado o comportamento do revestimento argamassado propriamente dito. Para melhorar o entendimento do planejamento deste trabalho, na Figura 5 estará presente a esquematização do programa experimental.

Figura 5 - Programa experimental

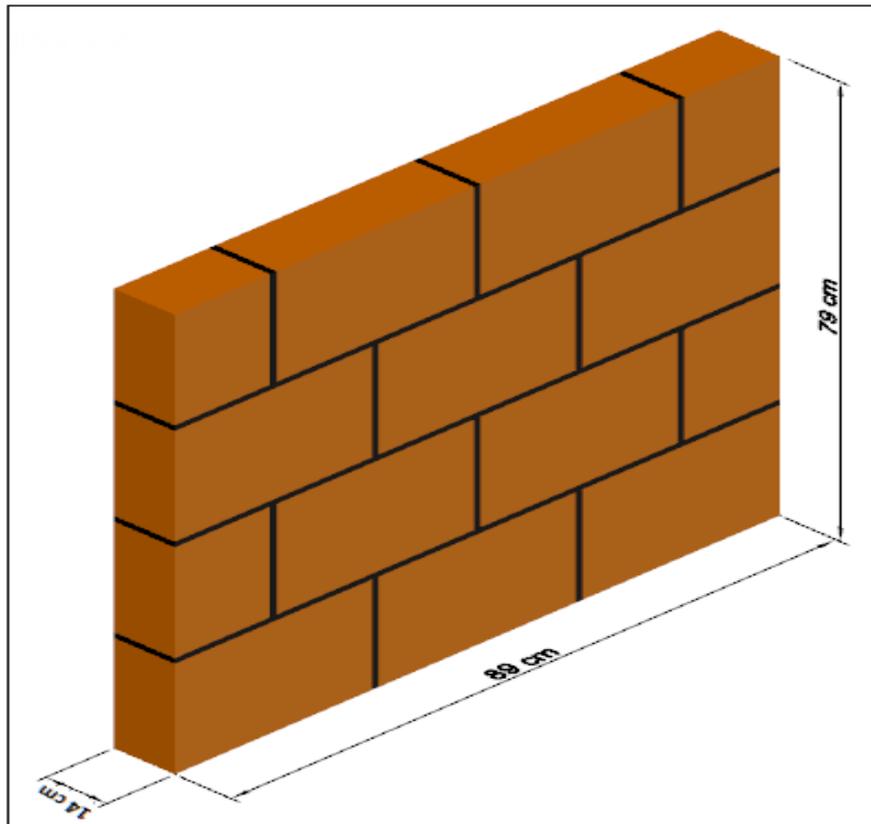


Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

As bases de aplicação da argamassa de revestimento foram pequenas paredes de 89 centímetros de comprimento por 79 centímetros de altura, compostas por dois tipos de blocos cerâmicos de vedação de dimensões 14x19x29 cm e 14x19x14 cm com furação na horizontal, conforme a Figura 6. As juntas de assentamento foram constituídas por uma argamassa industrializada tendo uma espessura em torno de um centímetro. As paredes foram executadas na posição vertical a partir do piso, sendo que há sete paredes no total, uma para a aplicação no tempo zero e as demais para as aplicações em intervalos de doze em doze horas até o limite de 72 horas.

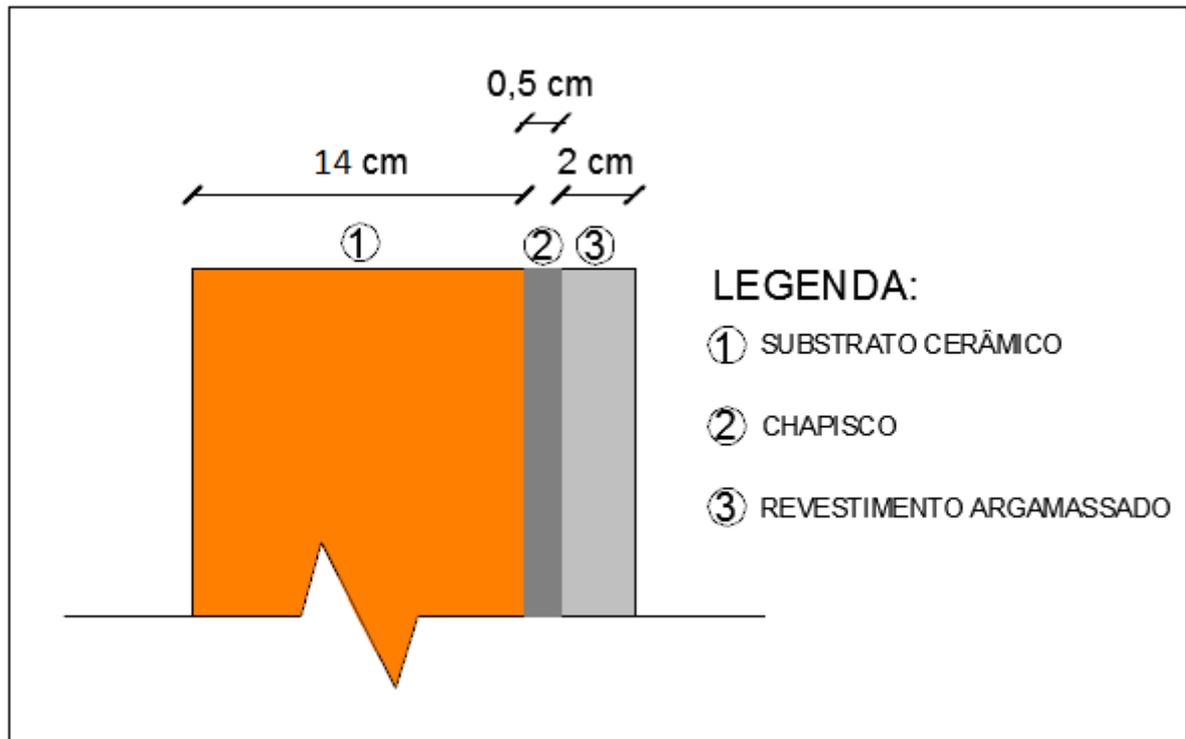
Figura 6 - Disposição dos blocos na parede



Fonte: Elaborado pelo autor.

Sete dias após a execução da base de aplicação foi executada uma camada de chapisco de 5 mm de espessura, também com argamassa industrializada, neste momento o substrato cerâmico foi umedecido com água com o auxílio de uma brocha simples. Após sete dias da aplicação do chapisco foi realizada a camada de revestimento com a argamassa industrializada do tipo estabilizada, sendo que tal camada apresentou uma espessura média de dois centímetros. Na Figura 7 encontra-se a composição das camadas do sistema de revestimento adotado.

Figura 7 - Composição do sistema de revestimento adotado



Fonte: Elaborado pelo autor.

O tipo de aplicação adotado foi o manual, e executou-se por meio de mão de obra especializada, já o armazenamento da argamassa foi em uma caixa padrão disponibilizada pela concreteira, a qual ficou coberta por uma lona simples, sendo que a mesma esteve em contato com a argamassa e, sobre a lona, acrescentou-se uma camada de 5 cm de água para servir de peso e garantir o contato total da lona com a argamassa, evitando assim a evaporação da água de amassamento.

Todos os ensaios realizados ao decorrer da pesquisa são normatizados pela ABNT, e suas metodologias podem ser verificadas no Quadro 3, vale a pena salientar que todos os ensaios referentes a argamassa de revestimento foram realizados para cada tempo de aplicação da mesma (estado fresco e endurecido).

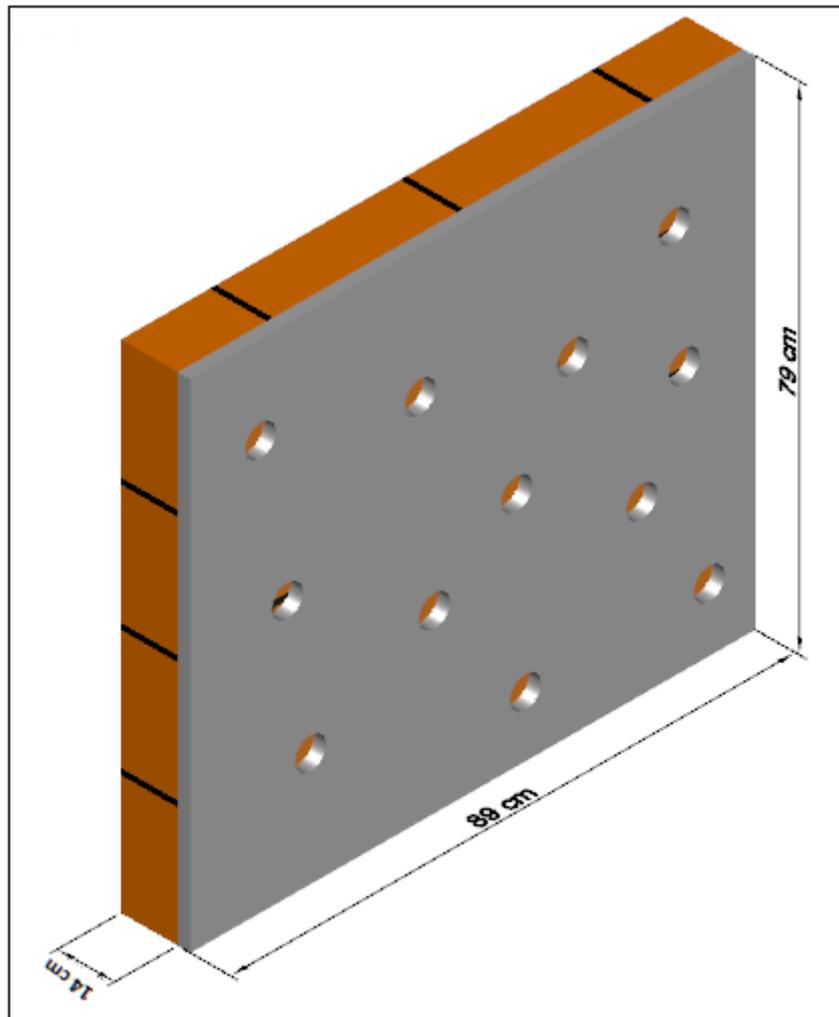
Quadro 3 - Metodologias de ensaio a serem realizados

ENSAIOS NO SUBSTRATO	BLOCO CERÂMICO	Características geométricas dos blocos	NBR 15270 - 2 (ABNT, 2017)
		Índice de absorção de água inicial	
		Resistência à compressão	
		Massa seca e índice de absorção de água total	
ENSAIO NA ARGAMASSA	ESTADO FRESCO	Índice de consistência	NBR 13276 (ABNT, 2016)
		Consistência pelo abatimento do tronco de cone	NBR NM 67 (ABNT, 1998)
		Retenção de água	NBR 13277 (ABNT, 2005)
		Densidade de massa e teor de ar incorporado	NBR 13278 (ABNT, 2005)
	ESTADO ENDURECIDO	Resistência à compressão e Resistência à tração na flexão	NBR 13279 (ABNT, 2005)
		Densidade de massa aparente no estado endurecido	NBR 13280 (ABNT, 2005)
		Absorção de água total, índice de vazios e massa específica	NBR 9778 (ABNT, 2005)
		Absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade	NBR 15259 (ABNT, 2005)
	REVESTIMENTO	Acompanhamento de quantidade e comprimento de fissuras	Método Silva e Bauer (2009)
		Resistência de aderência à tração	NBR 13528 (ABNT, 2010)

Fonte: Elaborado pelo autor.

No que diz respeito ao ensaio de aderência à tração em revestimentos argamassados, executado a partir das orientações da NBR 13528 (ABNT, 2010), esquematizou-se a disposição dos doze testemunhos, sendo que eles estarão distribuídos conforme a Figura 8.

Figura 8 - Distribuição dos testemunhos do ensaio de aderência



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.1 Obtenção e Análise de Dados

Os resultados obtidos a partir dos ensaios citados no tópico anterior foram avaliados e analisados pela variância (ANOVA). Tal método engloba análises estatísticas, sendo que adotou-se um nível de significância de 95%, e para isto utilizou-se planilhas eletrônicas com o auxílio do *software* Microsoft Excel.

3.2 MATERIAIS UTILIZADOS

Os materiais utilizados durante o desenvolvimento da presente pesquisa serão descritos e caracterizados nos itens subsequentes. É importante ressaltar que a caracterização é de extrema valia para entendermos melhor o comportamento dos materiais frente às suas futuras utilizações e solicitações.

3.2.1 Substrato Cerâmico

Para a formação do substrato utilizou-se blocos cerâmicos de vedação com seis furos da linha *light* da Pauluzzi Blocos Cerâmicos (Figura 9), sendo que o bloco inteiro apresenta dimensões de 14x19x29 cm enquanto o meio bloco mede 14x19x24 cm. Os blocos procedem de uma olaria da cidade de Boa Vista e são comumente utilizados na região.

Figura 9 - Blocos cerâmicos utilizados



Fonte: Elaborado pelo autor.

A caracterização dos blocos cerâmicos foi executada de acordo com a NBR 15270 – 2 (ABNT, 2017). A Tabela 1 apresenta os ensaios executados e a quantidade de repetições referentes à tais ensaios.

Tabela 1 - Ensaio nos blocos cerâmicos

Descrição ensaios	Normas	Número de repetições
Características geométricas	NBR 15270-2 (ABNT, 2017)	20
Massa seca		20
Massa úmida		20
Índice de absorção de água total		20
Índice de absorção de água inicial na face de aplicação do chapisco		20
Resistência à compressão		20

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 2 estarão presentes os resultados dos ensaios de índice de absorção de água total na face de aplicação do chapisco, índice de absorção de água total e resistência à compressão, todos referentes aos blocos cerâmicos. Os restante dos resultados dos demais ensaios presentes na Tabela 1 estarão apresentados no Apêndice A desta presente pesquisa.

Tabela 2 - Índices de absorção de água e resistência mecânica dos blocos cerâmicos

(continua)

Amostra	Índice de absorção de água total "AA" (%)	Índice de absorção de água inicial na face de aplicação do chapisco "AAI" ((g/194 ²)/min)	Resistência à compressão (MPa)
1	8,68	11,81	5,98
2	12,52	19,47	3,16
3	11,53	18,54	5,32
4	9,52	17,01	4,06
5	9,11	16,35	5,88
6	9,70	16,24	5,39
7	9,68	17,59	5,18
8	12,06	17,97	5,03
9	10,65	17,86	2,00
10	11,90	20,97	4,12
11	12,51	14,59	4,21
12	10,93	17,44	5,78

(conclusão)

Amostra	Índice de absorção de água total "AA" (%)	Índice de absorção de água inicial na face de aplicação do chapisco "AAI" ((g/194²)/min)	Resistência à compressão (MPa)
13	12,20	17,87	4,71
14	9,12	16,01	6,32
15	11,65	19,92	3,11
16	11,44	18,48	4,89
17	11,25	16,79	4,89
18	11,22	16,78	5,69
19	10,60	16,54	4,49
20	11,66	20,06	3,93
Média	10,90	17,41	4,71

Fonte: Elaborado pelo autor.

Um ponto bastante importante que deve ser esclarecido é o cálculo do índice de absorção de água inicial na face de aplicação do chapisco. Seguindo a metodologia da NBR 15270-2 (ABNT, 2017) o cálculo dá-se pela absorção de água dos primeiros 60 segundos de ensaio, para a Tabela 2 seguiu-se tal orientação, porém no Apêndice A haverá informações extras, as quais contemplam a massa de água absorvida a cada minuto até um tempo equivalente à dez minutos.

3.2.2 Argamassa de Assentamento

Para solidarizar a união dos blocos cerâmicos optou-se pela utilização de uma argamassa de assentamento industrializada, a qual foi fornecida por uma concreteira localizada na cidade de Bento Gonçalves. A empresa forneceu tanto a argamassa quanto a caracterização dos materiais constituintes da mesma, sendo que a empresa responsável pelo fornecimento de tais elementos foi a Concretul Britagem. Na Tabela 3 contempla-se a carta traço da argamassa de assentamento.

Tabela 3 - Traço da argamassa de assentamento

Material	Quantidade por m ³ (kg)
Cimento CP II-F-40	148
Pozolana (Cinza <i>fly ash</i>)	70
Cal CH-II	20
<i>Filler</i> (Cinza <i>fly ash</i>)	20
Areia natural fina	1303
Tec-Nol (incorporador de ar)	0,33
Água potável	265

Fonte: Elaborado pelo autor.

Levando em consideração as informações da Tabela 3, têm-se que a argamassa de assentamento utilizada apresenta uma relação água/aglomerante de 1,113. Para a caracterização dos materiais (fornecida pela concreteira) pode-se consultar o Anexo A desta presente pesquisa. Já em relação à argamassa de assentamento em si, a Tabela 4 contém os ensaios executados e a quantidade de repetições realizadas para a caracterização da mesma.

Tabela 4 - Ensaio na argamassa de assentamento

Descrição ensaios	Estado	Normas	Número de repetições
Índice de consistência	Fresco	NBR 13276 (ABNT, 2016)	2
Consistência pelo abatimento do tronco de cone		NBR NM 67 (ABNT, 1998)	3
Densidade de massa e teor de ar incorporado		NBR 13278 (ABNT, 2005)	3
Densidade de massa aparente no estado endurecido	Endurecido	NBR 13280 (ABNT, 2005)	4
Resistência à tração na flexão e compressão		NBR 13279 (ABNT, 2005)	4
Absorção de água total, índice de vazios e massa específica		NBR 9778 (ABNT, 2005)	4
Absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade		NBR 15259 (ABNT, 2005)	4

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 5 serão apresentadas as características numericamente da argamassa de assentamento no estado fresco, sendo eles: índice de consistência, consistência pelo abatimento de tronco de cone, densidade de massa e teor de ar incorporado. Os valores utilizados para os cálculos dos ensaios acima citados estarão presentes para consulta no Apêndice B.

Tabela 5 - Características da argamassa de assentamento no estado fresco

Descrição do ensaio	Ensaio 1			Ensaio 2			Média
	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 1	Medida 2	Medida 3	
Índice de consistência (mm)	220,00	225,00	225,00	220,00	225,00	218,00	222,17
Descrição do ensaio	Ensaio 1		Ensaio 2		Ensaio 3		Média
Abatimento pelo tronco de cone (mm)	155,00		155,00		155,00		155,00
Densidade de massa (kg/m ³)	1529,06		1544,95		1538,88		1537,63
Teor de ar incorporado (%)	28,40		27,65		27,94		28,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Além das características da argamassa de assentamento no estado fresco, também pode-se citar os atributos no estado endurecido, sendo eles apresentados na Tabela 6 para esta argamassa. Os valores utilizados para os cálculos dos ensaios no estado endurecido estarão presentes para consulta também no Apêndice B.

Tabela 6 - Características da argamassa de assentamento endurecida

Descrição do ensaio	Amostra				Média
	1	2	3	4	
Densidade de massa aparente no estado endurecido (kg/m ³)	1603,83	1624,53	1583,09	1629,02	1610,12
Resistência à tração na flexão (MPa)	2,69	2,72	2,72	3,02	2,79
Resistência à compressão (MPa)	6,37	8,52	8,73	8,16	7,95
Absorção de água total (%)	11,57	12,59	12,96	12,31	12,36
Índice de vazios no estado endurecido (%)	19,31	20,95	21,59	20,62	20,62
Massa específica real no estado endurecido (kg/m ³)	2067,37	2104,87	2124,50	2109,41	2101,54
Absorção de água por capilaridade aos 10 minutos (g/cm ²)	0,09	0,08	0,12	0,08	0,09
Absorção de água por capilaridade aos 90 minutos (g/cm ²)	0,23	0,23	0,32	0,22	0,25
Coefficiente de capilaridade (g/dm ² .min ^{1/2})	2,21	2,32	3,29	2,19	2,50

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.3 Argamassa de Chapisco

Com o intuito de proporcionar boas condições de absorção e ancoragem para a aplicação do revestimento, optou-se pela utilização de uma argamassa de chapisco, a qual também foi fornecida pela empresa Coneresul. A caracterização dos materiais constituintes desta argamassa pode ser contemplado também no Anexo A deste presente trabalho, sendo que a Tabela 7 apresentará a dosagem da argamassa de chapisco utilizada.

Tabela 7 - Dosagem da argamassa se chapisco

Material	Quantidade por m ³ (kg)
Cimento CP II-F-40	300
Cal CH-II	30
Areia natural média	1358
Tec-Nol (incorporador de ar)	0,24
Água potável	233

Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando-se as informações da Tabela 7, têm-se que a presente argamassa de chapisco apresenta uma relação água/aglomerante de 0,706. A Tabela 8 contém os ensaios executados e a quantidade de repetições realizadas para a caraterização da argamassa de chapisco.

Tabela 8 - Ensaios na argamassa de chapisco

Descrição ensaios	Estado	Normas	Número de repetições
Índice de consistência	Fresco	NBR 13276 (ABNT, 2016)	2
Consistência pelo abatimento do tronco de cone		NBR NM 67 (ABNT, 1998)	3
Densidade de massa e teor de ar incorporado		NBR 13278 (ABNT, 2005)	3
Densidade de massa aparente no estado endurecido	Endurecido	NBR 13280 (ABNT, 2005)	4
Resistência à tração na flexão e compressão		NBR 13279 (ABNT, 2005)	4
Absorção de água total, índice de vazios e massa específica		NBR 9778 (ABNT, 2005)	4
Absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade		NBR 15259 (ABNT, 2005)	4
Índice de absorção de água inicial AAI na face chapiscada do bloco		NBR 15270-2 (ABNT, 2013)	16

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 9 estarão presentes as características numéricas da argamassa de chapisco no estado fresco. Os valores utilizados para os cálculos dos ensaios acima citados estarão presentes para consulta no Apêndice C.

Tabela 9 - Características da argamassa de chapisco no estado fresco

Descrição do ensaio	Ensaio 1			Ensaio 2			Média
	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 1	Medida 2	Medida 3	
Índice de consistência (mm)	260,00	265,00	265,00	265,00	263,00	267,00	264,17
Descrição do ensaio	Ensaio 1		Ensaio 2		Ensaio 3		Média
Abatimento pelo tronco de cone (mm)	255,00		245,00		250,00		250,00
Densidade de massa (kg/m ³)	1664,24		1671,63		1664,37		1666,75
Teor de ar incorporado (%)	25,73		25,40		25,73		25,62

Fonte: Elaborado pelo autor.

Além das características da argamassa de chapisco no estado fresco, também pode-se citar os atributos no estado endurecido, sendo eles apresentados na Tabela 10 para esta argamassa. Os valores utilizados para os cálculos dos ensaios no estado endurecido estarão presentes para consulta também no Apêndice C.

Tabela 10 - Características da argamassa de chapisco endurecida

Descrição do ensaio	Amostra				Média
	1	2	3	4	
Densidade de massa aparente no estado endurecido (kg/m ³)	1799,26	1801,68	1813,95	1796,52	1802,85
Resistência à tração na flexão (MPa)	4,84	4,48	4,43	4,14	4,47
Resistência à compressão (MPa)	17,29	16,91	17,24	15,00	16,61
Absorção de água total (%)	10,14	10,55	10,13	10,08	10,22
Índice de vazios no estado endurecido (%)	18,78	19,51	18,81	18,66	18,94
Massa específica real no estado endurecido (kg/m ³)	2281,04	2297,76	2286,97	2275,32	2285,27
Absorção de água por capilaridade aos 10 minutos (g/cm ²)	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05
Absorção de água por capilaridade aos 90 minutos (g/cm ²)	0,12	0,11	0,11	0,12	0,11
Coefficiente de capilaridade (g/dm ² .min ^{1/2})	1,01	1,02	0,93	1,08	1,01

Fonte: Elaborado pelo autor.

Além dos ensaios acima citados, também efetuou-se a caracterização do índice de absorção de água inicial da face chapiscada do bloco, para isso chapisco-se 20 blocos, manualmente e por mão de obra especializada. Antes da aplicação do chapisco umedeceu-se os blocos utilizados no ensaio, também tentou-se manter o mais homogênea possível a camada de chapisco de todos os blocos, para assim variar minimamente os resultados dos ensaios mencionados. Na Figura 10 pode-se contemplar os blocos cerâmicos chapiscados utilizados nos ensaios, e vale a pena ressaltar que a metodologia utilizada baseou-se na NBR 15270-2 (ABNT, 2013), sendo que os resultados para tais ensaios estarão presentes na Tabela 11 e os valores utilizados para os cálculos podem ser consultados no Apêndice C.

Figura 10 – Blocos chapiscados utilizados nos ensaios



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a Tabela 11 considerou-se a área da face de aplicação constante, sendo fixada em 551 cm². Também estimou-se a quantidade de chapisco por bloco, sendo importante mencionar que o ensaio índice de absorção de água inicial do chapisco aplicado nos blocos foi realizado aos 28 dias de cura da argamassa de chapisco, estando o conjunto bloco cerâmico/argamassa de chapisco totalmente secos.

Tabela 11 - Resultados dos ensaios de absorção de água inicial na face chapiscada

Amostra	Massa do bloco sem chapisco (g)	Massa do bloco com chapisco (g)	Massa de chapisco no bloco (g)	Área da face chapiscada (cm ²)	Índice de absorção de água inicial do chapisco aplicado "AAI" ((g/194 ²)/min)
1	5098,00	5388,14	290,14	551,00	15,81
2	5066,00	5476,36	410,36	551,00	22,40
3	5084,00	5432,32	348,32	551,00	15,25
4	5132,00	5450,55	318,55	551,00	17,63
5	5068,00	5398,33	330,33	551,00	17,28
6	5136,00	5553,03	417,03	551,00	15,10
7	5058,00	5519,59	461,59	551,00	19,11
8	5106,00	5443,25	337,25	551,00	16,16
9	5114,00	5464,65	350,65	551,00	17,45
10	5122,00	5432,07	310,07	551,00	13,05
11	5116,00	5461,76	345,76	551,00	18,31
12	5094,00	5418,97	324,97	551,00	14,51
13	5136,00	5468,55	332,55	551,00	12,22
14	5102,00	5458,24	356,24	551,00	18,80
15	5090,00	5413,11	323,11	551,00	15,86
16	5080,00	5416,12	336,12	551,00	17,71
Média	5100,13	5449,69	349,57	551,00	16,67

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.4 Argamassa Estabilizada para Revestimento

A argamassa utilizada para a execução do revestimento foi do tipo estabilizada por 72 horas, sendo que a ela foi fornecida pela mesma empresa que concedeu as argamassas anteriormente descritas. A dosagem da argamassa em questão pode ser verificada na Tabela 12.

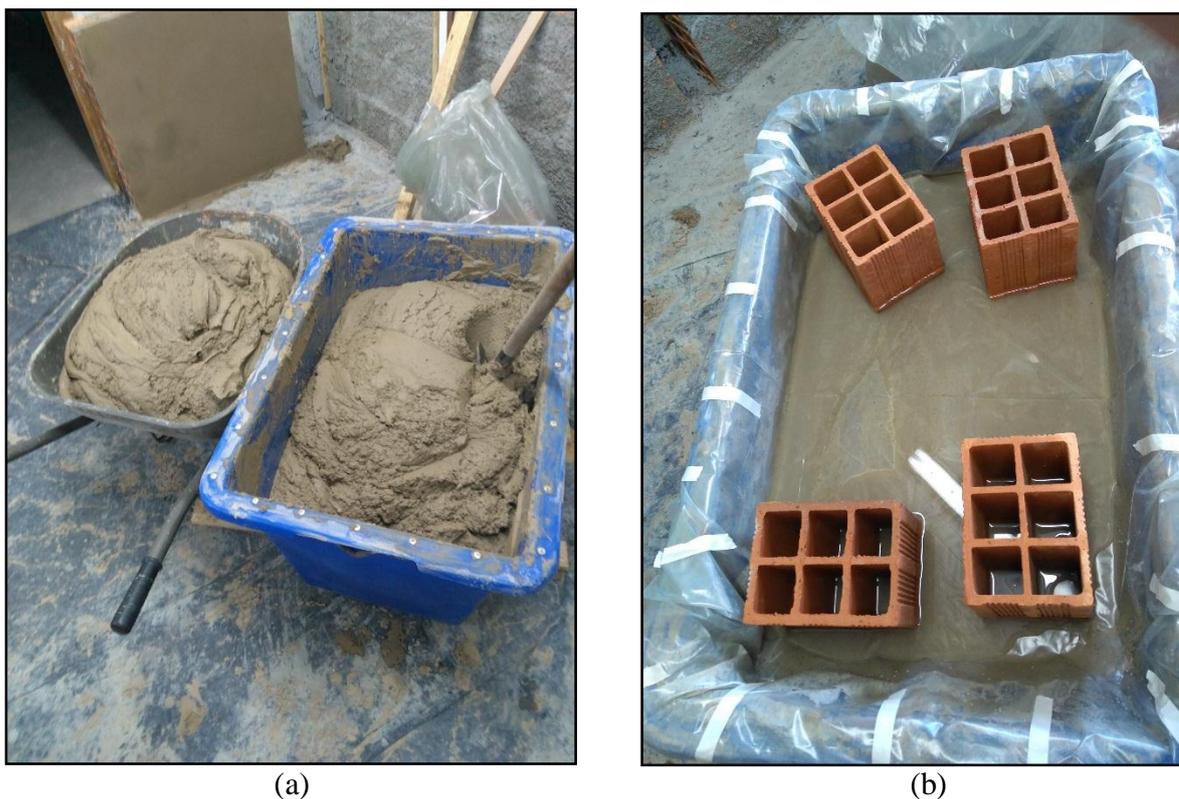
Tabela 12 - Dosagem da argamassa estabilizada utilizada no revestimento

Material	Quantidade por m ³ (kg)
Cimento CP II-F-40	148
Pozolana (Cinza <i>fly ash</i>)	49
Cal CH-II	20
<i>Filler</i> (Cinza <i>fly ash</i>)	20
Areia natural fina	1382
Tec-Nol (incorporador de ar)	0,25
Eco-Tec-Mix (estabilizador)	2,59
Água potável	380

Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando-se as informações da Tabela 12 pode-se chegar à uma relação água/aglomerante igual à 1,75 para a argamassa em questão. A forma de armazenamento desta argamassa deu-se pela utilização de uma caixa padrão de 200 litros fornecida pela concreteira (Figura 11), sendo que optou-se pela não utilização de película de água sobre o produto, mas sim por uma lona em contato com a superfície da argamassa.

Figura 11 – (a) Argamassa estabilizada para revestimento, (b) Armazenamento



Fonte: Elaborado pelo autor.

A caracterização dos materiais utilizados nesta argamassa estabilizada para revestimentos pode ser consultada no Anexo A deste trabalho. Os demais ensaios nos estados fresco e endurecido terão suas metodologias e resultados apresentados posteriormente, pois esta argamassa em específico terá uma análise muito mais minuciosa e rigorosa por se tratar do tema principal desta pesquisa.

3.2.5 Adesivo para Ensaio de Arrancamento

O adesivo utilizado para colar as pastilhas do ensaio de arrancamento do revestimento foi adquirido em lojas de materiais de construção da cidade, sendo que o mesmo é da marca

Tek Bond, mais especificamente é um adesivo epóxi do tipo Araldite Hobby (Figura 12) e apresenta um tempo de secagem inicial equivalente à dez minutos e de secagem total em oito horas. O material colante vem separado em duas bisnagas de igual massa, sendo que as mesmas devem ser misturadas na mesma proporção e num tempo máximo de cinco minutos.

Figura 12 - Adesivo epóxi Araldite



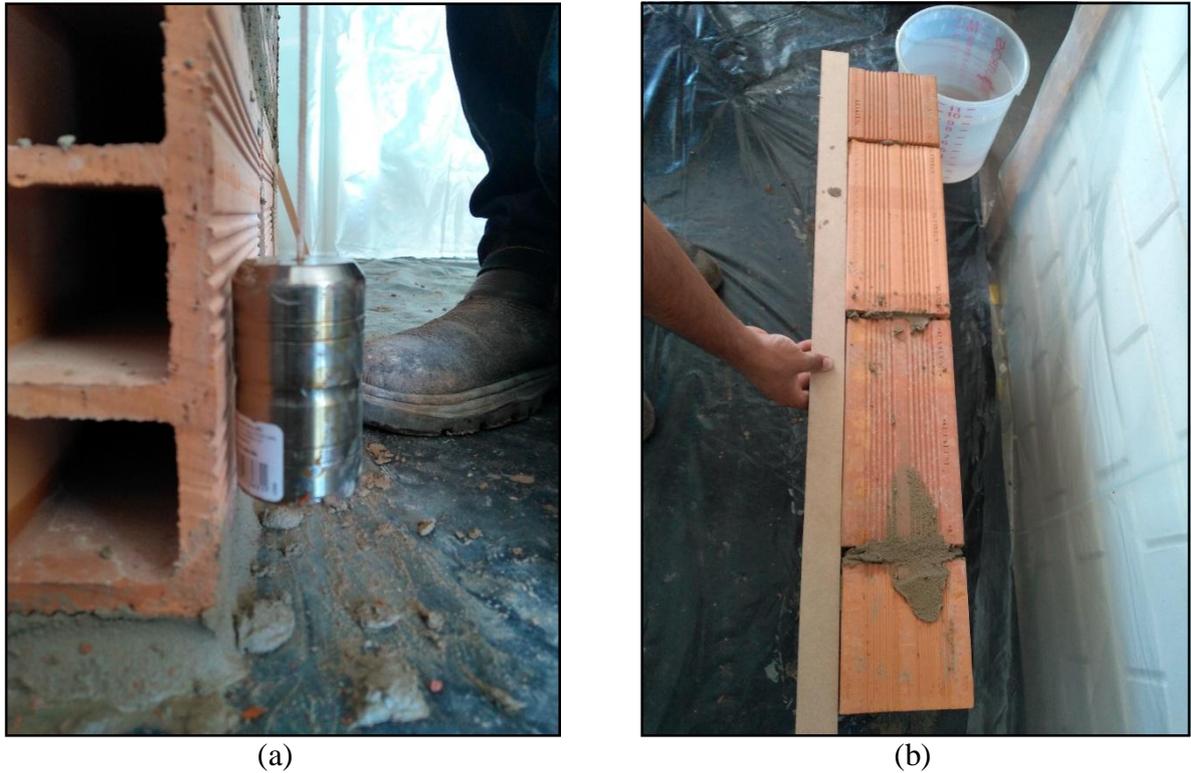
Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3 EXECUÇÃO DA BASE DE APLICAÇÃO DO REVESTIMENTO

Este tópico servirá como apoio para entender melhor como foram realizadas as bases de aplicação do revestimento argamassado descritas no item 3.1 desta presente pesquisa, tendo como base as diretrizes anteriormente descritas. Primeiramente retirou-se o excesso de poeira dos blocos a serem assentados, logo após isso executou-se um lastro de argamassa para regularização da primeira fiada, e a partir disto executou-se as demais fiadas contendo o sistema de amarração entre os blocos. A cada fiada executada verificou-se a verticalidade pelo prumo e o alinhamento superficial por uma régua de madeira, forme poderá ser observado na Figura 13.

Após assentado todos os blocos de todas as paredes verificou-se visualmente se havia nichos de assentamento (locais com pouca argamassa), sendo estes corrigidos com a aplicação de mais argamassa. Feito os serviços acima descritos deixou-se as paredes expostas ao ambiente natural por sete dias para a realização da cura, sendo que o próximo passo foi a execução da regularização da base através de uma camada de chapisco.

Figura 13 - (a) Verificação da verticalidade, (b) Verificação do alinhamento



Fonte: Elaborado pelo autor.

Decorrido o tempo de cura (sete dias) partiu-se para a execução do chapisco, tendo como serviço inicial a limpeza e umedecimento da base cerâmica. Procedeu-se então com o “arremessamento” da argamassa de chapisco contra a parede, tentando manter sempre a mesma distância de lançamento e força de aplicação, cabe salientar que a atividade foi realizada de cima para baixo. A Figura 14 nos traz como ficaram as paredes após a execução do chapisco propriamente dito.

Figura 14 - Paredes chapiscadas



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4 EXECUÇÃO DO REVESTIMENTO ARGAMASSADO

Após transcorrido o tempo de cura do chapisco (sete dias) iniciou-se a execução do revestimento argamassado propriamente dito. O primeiro serviço foi o posicionamento das mestras de madeira, sendo estas presas por ganchos metálicos conforme a Figura 15, logo após o estabelecimento das mestras regulou-se a espessura estipulada para o revestimento (2 cm) movendo-se as madeiras com o auxílio de um martelo. Precedente ao revestimento também houve o umedecimento da base chapiscada. Um ponto importante que deve ser mencionado é que a argamassa foi revolvida no próprio recipiente antes de cada aplicação.

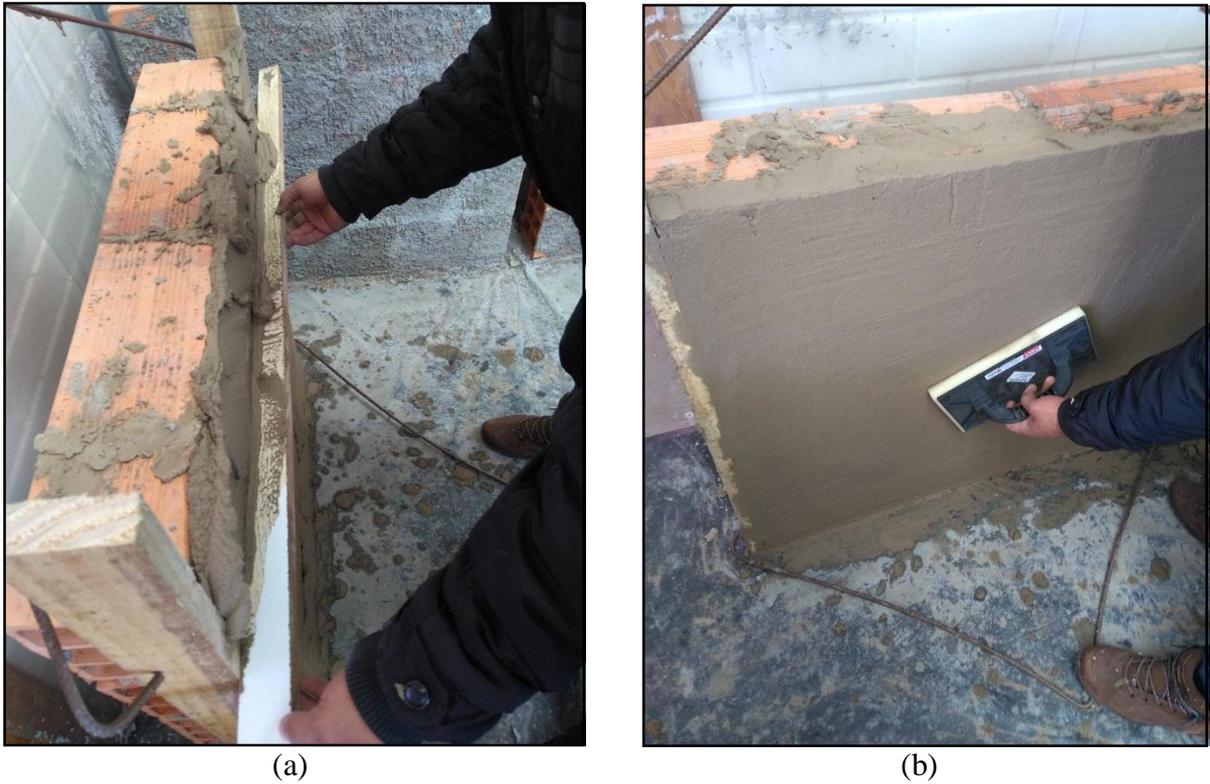
Figura 15 - Mestras para execução do revestimento



Fonte: Elaborado pelo autor.

A argamassa estabilizada para revestimento foi lançada contra a base de aplicação tentando-se manter a força e a distância constantes, sendo a mesma aplicada de cima para baixo. Após o lançamento da argamassa utilizou-se uma régua de madeira para retirar o excesso de material, sendo as falhas novamente preenchidas. Aguardado o tempo do substrato sugar o excesso de água da argamassa iniciou-se o desempeno com o auxílio de uma desempenadeira do tipo esponja, este processo varia muito de cada aplicador, sendo que este em específico levou em torno de uma hora desde a passagem da regra até o início do desempeno. Na Figura 16 estarão exemplificados os processos acima citados.

Figura 16 - (a) Passagem de régua, (b) Desempeno



Fonte: Elaborado pelo autor.

Transcorrido o tempo necessário para a argamassa passar do estado fresco para o endurecido (3 dias após cada aplicação) retirou-se as mestras de madeira e aguardou-se o tempo de cura para a realização dos ensaios que serão descritos nos próximos tópicos. A Figura 17 representa como ficaram os revestimento já no estado endurecido.

Figura 17 - Revestimentos argamassados



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.5 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA ESTABILIZADA

Os ensaios que aqui serão descritos dizem respeito a argamassa estabilizada em si, sendo que todos os experimentos foram realizados a cada intervalo de aplicação, ou seja de doze em doze horas. A metodologia utilizada para os ensaios estarão descritas nos tópicos que se sucedem.

3.5.1 Ensaios no Estado Fresco

Nos próximos itens estarão descritos os ensaios realizados no estado fresco da argamassa estabilizada. Todas as metodologias utilizadas baseiam-se na normativas vigentes.

3.5.1.1 Índice de consistência

O ensaio de índice de consistência é regido pelas orientações da NBR 13276 (ABNT, 2016). O molde de formato tronco-cônico foi umedecido e posicionado sobre a mesa de adensamento (*flow table*), como pode ser visto na Figura 18 (a), sendo que para a realização do ensaio preencheu-se o molde com três camadas de argamassa, aplicando quinze, dez e cinco golpes com uma haste metálica para adensá-la, respectivamente. Ao retirar-se o molde aplicou-se 30 golpes com a mesa, sendo que a mesma é automatizada, realizando assim um golpe por segundo durante os 30 segundos de ensaio.

Figura 18 - (a) Flow table, (b) Ensaio de índice de consistência



(a)



(b)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após os 30 golpes, mediu-se o diâmetro da argamassa espalhada (Figura 18 (b)) em três diferentes direções. O resultado do ensaio de índice de consistência é a média entre as três aferições, sendo que realizou-se dois ensaios deste tipo para cada intervalo de análise da argamassa estabilizada.

3.5.1.2 Consistência pelo abatimento do tronco de cone

Conforme a NBR NM 67 (ABNT, 1998), a consistência pelo abatimento do tronco de cone é um ensaio para o concreto no estado fresco e não para a argamassa, porém, no cotidiano os caminhões betoneira não levam consigo uma *flow table* para realizar o ensaio descrito no tópico anterior e, por este motivo, optou-se por utilizar esta metodologia como forma complementar de análise para a consistência da argamassa. O ensaio de abatimento dá-se pelo preenchimento de um tronco de cone (Figura 19 (a)) com a argamassa em três camadas, sendo que cada uma deve ser adensada com o auxílio de uma haste metálica aplicando-se 25 golpes em cada camada.

Figura 19 - (a) Tronco de cone, (b) Ensaio de abatimento



(a)



(b)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após o adensamento deve-se retirar o tronco de cone de forma devagar e constante, e com isto medir com o auxílio de uma régua o quanto a argamassa desceu em relação a sua altura original (Figura 19 (b)). O resultado para este ensaio é o valor da medida obtida em milímetros.

3.5.1.3 Retenção de água

Determinou-se a retenção de água da argamassa estabilizada através de um Funil de Buchner adaptado (Figura 20) com o auxílio de uma bomba de vácuo. O conjunto realiza a sucção do material depositado sobre o prato metálico com um disco de papel filtro, de acordo com a NBR 13277 (ABNT, 2005).

Figura 20 - Funil de Buchner adaptado



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como metodologia do ensaio têm-se o seguinte: o papel filtro foi umedecido e submetido à filtração durante 30 segundos (m_v), após tal procedimento moldou-se a argamassa em cima do prato metálico, sendo utilizado uma haste para adensamento, dispondo-se de 37 golpes no total, sendo dezesseis aplicados juntamente às bordas do recipiente e 21 em pontos localizados na parte central do mesmo (m_a). Para mensurar a retenção de água a amostra de argamassa foi submetida a uma sucção equivalente à 51mmHg durante quinze minutos (m_s). Após realizados os procedimentos acima citados pode-se calcular o valor da retenção de água a partir das Equações 1 e 2.

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

Sendo:

$$AF = \frac{m_w}{m + m_w} \quad (2)$$

Onde:

R_a = retenção de água (%);

m_a = massa do conjunto com argamassa (g);

m_s = massa do conjunto após sucção (g);

m_v = massa do conjunto vazio (g);

AF = fator água/argamassa fresca (g);

m = massa da argamassa (g);

m_w = massa total e água acrescentada à mistura (g).

3.5.1.4 Densidade de massa e teor de ar incorporado

O ensaio de densidade de massa e teor de ar incorporado da argamassa é regido pelas orientações da NBR 13278 (ABNT, 2005) e consiste na utilização de um recipiente de volume conhecido (Figura 21), sendo que o mesmo deve ser preenchido com três camadas de argamassa de igual espessura. Cada camada deverá receber 20 golpes com uma espátula, sendo que o adensamento deve ocorrer somente na camada em questão.

Figura 21 - Recipientes para ensaio de densidade de massa e teor de ar incorporado



Fonte: Elaborado pelo autor.

A norma também explana que deve-se ter o cuidado para que não ocorram golpes que atinjam o fundo do recipiente ao adensar-se a primeira camada. Estando o recipiente totalmente preenchido deve-se realizar o arrasamento da argamassa na superfície e a limpeza das bordas, após isto o recipiente deve ser pesado. A densidade de massa pode ser calculada pela Equação 3.

$$d = \frac{m_c - m_v}{v_r} * 1000 \quad (3)$$

Sendo:

d = densidade de massa (kg/m³);

m_v = massa do recipiente vazio (g);

m_c = massa do recipiente cheio (g);

v_r = volume do recipiente cilíndrico (cm³).

Após a realização dos cálculos da Equação 3 pode-se mensurar a quantidade de ar incorporado. Para isto utiliza-se a Equação 4.

$$A = 100 * \left(1 - \frac{d}{d_t}\right) \quad (4)$$

Sendo:

A = teor de ar incorporado (%);

d = densidade de massa (g/m³);

d_t = densidade de massa teórica, considerando mistura sem vazios (g/cm³).

Considerando que a argamassa estudada é do tipo estabilizada deve-se calcular a densidade de massa teórica pela Equação 5. A norma também traz outra equação para argamassas não industrializadas, a qual não será apresentada neste trabalho.

$$d_t = \frac{m_s + m_{\text{água}}}{\frac{m_s}{\gamma_s} + m_{\text{água}}} \quad (5)$$

Sendo:

m_s = massa teórica da argamassa (g/cm³);

$m_{\text{água}}$ = massa de água que compõem a argamassa (g);

γ_s = massa específica da argamassa anidra (g/cm³);

d_t = densidade de massa teórica (g/cm³).

3.5.2 Ensaios no Estado Endurecido

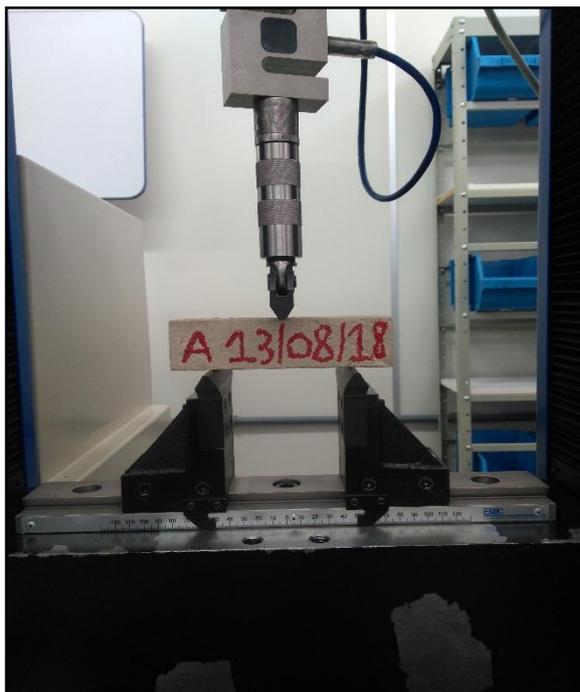
Nos próximos itens estarão descritos os ensaios realizados no estado endurecido da argamassa estabilizada. Todas as metodologias utilizadas baseiam-se na normativas vigentes.

3.5.2.1 Resistência à tração na flexão e compressão

Os ensaios de resistência à tração na flexão e compressão são normatizados pela NBR 13279 (ABNT, 2005). A moldagem dos testemunhos de argamassa dão-se a partir de moldes metálicos com dimensões de 4x4x16 cm, sendo altura, largura e comprimento, respectivamente. Os moldes foram posicionados sobre a *flow table* e preenchidos com duas camadas de argamassa de igual altura, sendo que cada uma delas recebeu 30 quedas na mesa. Após realizada a moldagem rasou-se a superfície dos moldes, sendo que as amostras só puderam ser desmoldadas após sete dias a partir da data do procedimento.

A cura total dos testemunhos durou 28 dias a partir da data de moldagem, sendo que os mesmos ficaram expostos as condições ambientais do laboratório, sem receber nenhum processo especial. Os corpos de prova foram rompidos após decorrido o tempo de cura, como pode ser contemplado na Figura 22.

Figura 22 – (a) Rompimento à tração na flexão, (b) Rompimento à compressão



(a)



(b)

Fonte: Elaborado pelo autor.

O cálculo para resistência à tração na flexão da argamassa é dada pela Equação 6. Conforme a norma anteriormente citada o resultado deve ser expresso em MPa.

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

Sendo:

R_t = resistência à tração na flexão (MPa);

F_f = carga aplicada no centro do testemunho prismático (N);

L = distância entre os suportes (mm).

Já para a resistência à compressão utiliza-se a metade de cada corpo de prova ensaiado e a carga é aplicada sobre uma área equivalente à 1600 mm². O cálculo para este ensaio é realizado pela Equação 7 e conforme a norma também deve ser expresso em MPa.

$$R_c = \frac{F_c}{1600} \quad (7)$$

Sendo:

R_c = resistência à compressão (MPa);

F_c = carga máxima aplicada (N);

1600 = área transversal do testemunho prismático (mm).

3.5.2.2 Densidade de massa aparente

Calculou-se a densidade de massa aparente da argamassa a partir da NBR 13280 (ABNT, 2005). De acordo com a norma este ensaio deve ser executado com o mesmo tipo de testemunho dos ensaios de tração na flexão, sendo eles corpos de prova prismáticos de 4x4x16 cm. Fixou-se um valor para o volume dos testemunhos sendo este igual à 256 cm³, também pesou-se cada testemunho separadamente e expressou-se o resultado em gramas. Para o cálculo da densidade de massa em si utilizou-se da Equação 8.

$$\rho_{m\acute{a}x} = \frac{m}{v} * 1000 \quad (8)$$

Sendo:

$\rho_{m\acute{a}x}$ = densidade de massa aparente (kg/m^3);

m = massa do testemunho de argamassa (g);

v = volume do corpo de prova (cm^3).

3.5.2.3 Absorção de água total, índice de vazios e massa específica

Executou-se os ensaios de absorção de água total, índice de vazios e massa específica a partir das metodologias expressas pela NBR 9778 (ABNT, 2005). Primeiramente secou-se os corpos de prova prismáticos a uma temperatura de 105°C até a constância de massa, após isto foi realizada a pesagem dos testemunhos de argamassa.

O próximo passo foi submeter os corpos de prova à imersão em água durante 72 horas ininterruptas, posteriormente os testemunhos foram adicionados à água fervente por mais cinco horas, sendo que os pesos foram sendo anotados durante todo o processo. Sucedeu-se com a pesagem dos prismas de argamassa em uma balança hidrostática (Figura 23) e logo em seguida ocorreu a pesagem em balança convencional sendo que neste momento os testemunhos apresentavam sua superfície seca.

Figura 23 - Pesagem em balança hidrostática



Fonte: Elaborado pelo autor.

O cálculo da absorção total é realizado a partir da Equação 9. Seu resultado deve ser expresso em porcentagem.

$$A = \frac{m_{sat} - m_s}{m_s} * 100 \quad (9)$$

Sendo:

A = absorção total (%);

m_{sat} = massa da amostra saturada após imersão e fervura (g);

m_s = massa da amostra seca (g).

O cálculo do índice de vazios da argamassa no estado endurecido por de calculado a partir da Equação 10. Bem como a absorção, o resultado deste ensaio é expresso em porcentagem.

$$I_v = \frac{m_{sat} - m_s}{m_{sat} - m_i} * 100 \quad (10)$$

Sendo:

m_i = massa da amostra saturada imersa em água após fervura (g).

Já para a massa específica da amostra seca pode-se utilizar da Equação 11. O seu resultado será expresso em quilos por metro cúbico.

$$\rho_s = \frac{m_s}{m_{sat} - m_i} * 1000 \quad (11)$$

Sendo:

ρ_s = massa específica da amostra seca (kg/m³).

Ainda seguindo as orientações da norma, calculou-se a massa específica da amostra saturada após fervura. Tal atributo pode ser calculado através da Equação 12.

$$\rho_{sat} = \frac{m_{sat}}{m_{sat} - m_i} * 1000 \quad (12)$$

Sendo:

ρ_{sat} = massa específica da amostra saturada (kg/m³).

Por fim deve-se calcular a massa específica real da amostra, a qual pode ser aferida através da Equação 13. Seu resultado seguirá a mesma unidade de medida das equações anteriormente descritas.

$$\rho_r = \frac{m_s}{m_s - m_i} * 1000 \quad (13)$$

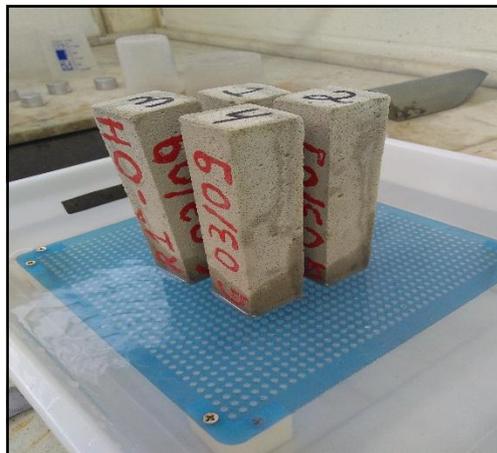
Sendo:

ρ_r = massa específica real da amostra (kg/m³).

3.5.2.4 Absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade

De acordo com a NBR 15259 (ABNT, 2005) o ensaio de absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade deve ser realizado com um testemunho prismático, de mesmas características ao utilizado no ensaio de tração na flexão. Os corpos de prova, já curados em 28 dias, foram posicionados em um recipiente com uma lâmina de água de 5±1 mm (Figura 24), com a face de menor dimensão voltada para a água. Foi determinada a massa de cada amostra, aos 10, 15, 30, 60 e 90 minutos, sendo que para os cálculos utilizou-se somente os valores referentes aos 10 e 90 minutos. O resultado para o coeficiente de capilaridade pode ser obtido através da Equação 14.

Figura 24 - Ensaio de absorção por capilaridade



Fonte: Elaborado pelo autor.

$$C = m_{90} - m_{10} \quad (14)$$

Sendo:

C = coeficiente de capilaridade ($\text{g}/\text{dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$);

m_{90} = massa da amostra após 90 minutos de ensaio (g);

m_{10} = massa da amostra após 10 minutos de ensaio (g).

Já a absorção por capilaridade em si foi calculada a partir da Equação 15. O seu resultado deve ser expresso em gramas por centímetro quadrado.

$$A_t = \frac{m_t - m_o}{16} \quad (15)$$

Sendo:

A_t = absorção de água por capilaridade (g/cm^2);

m_t = massa da amostra em cada tempo (g);

m_o = massa inicial da amostra (g);

16 = área da seção transversal do testemunho.

3.5.3 Ensaios no Revestimento Argamassado

Neste tópico serão contemplados os ensaios e métodos realizados no revestimento argamassado em si. Vale a pena ressaltar que os ensaios que serão descritos seguem as normas vigentes e orientações para boas práticas.

3.5.3.1 Acompanhamento de incidência de fissuração no revestimento argamassado

Acompanhou-se, através do método de Silva e Bauer (2008), a evolução da quantidade de fissuras nos revestimentos argamassados. A verificação foi feita de quatro em quatro dias até a idade de cura equivalente à 28 dias. A intensidade de fissuração é definida como sendo a soma dos comprimentos lineares de fissuras em todas as direções dividido pela área da parede, sendo tal índice expresso em m/m^2 , conforme os autores. A medição pode ser feita com o auxílio de marcações com canetões nos locais fissurados e medição através de barbantes.

3.5.3.2 Resistência de aderência à tração

O ensaio de resistência de aderência à tração foi executado conforme as especificações da NBR 13528 (ANBT, 2010). Conforme apresentado nos tópicos anteriores, este trabalho somente avaliou a resistência de aderência à tração somente em substratos cerâmicos chapiscados.

Os experimentos foram executados aos 28 dias de cura dos revestimentos, contados a partir da aplicação da argamassa ao substrato, sendo realizados de doze em doze horas. Para a realização dos ensaios os revestimentos receberam doze cortes circulares afastados entre si e das extremidades, totalizando 84 testemunhos distribuídos de forma aleatória. Os cortes foram realizados na argamassa com o auxílio de uma serra-copo diamantada até atingirem o substrato. Realizaram-se, também, quatro furos extras em cada revestimento para a verificação da umidade da argamassa, sendo os testemunhos pesados na hora da extração e secados numa estufa até a constância de massa, posteriormente foram aferidos os pesos novamente, agora com os corpos de prova totalmente secos.

Posteriormente retirou-se a poeira gerada pelo corte do revestimento, sendo este removido com o auxílio de um aspirador e pincel simples. Em seguida lixou-se os testemunhos superficialmente para gerar maior abrasão entre a argamassa e a cola, antes de iniciar a colagem houve mais uma limpeza no revestimento com a utilização de um pincel. Depois de todas as pastilhas estarem coladas numerou-se os testemunhos para ter uma melhor identificação (Figura 25 (a)). Para a execução do ensaio utilizou-se um dinamômetro de tração, posicionado com seu eixo de aplicação de carga ortogonal ao plano a ser ensaiado, conforme a Figura 25 (b).

Figura 25 - (a) Identificação dos testemunhos, (b) Ensaio de aderência à tração



(a)



(b)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a realização do ensaio, com o auxílio do paquímetro foi realizada a aferição do diâmetro das amostras além de se anotar a carga e o tipo de ruptura de cada testemunho. Para a determinação da resistência de aderência à tração utilizou-se da Equação 16.

$$R_a = \frac{F}{A} \quad (16)$$

Sendo:

R_a = resistência de aderência à tração (MPa);

F = força aplicada para atingir a ruptura (N);

A = área do testemunho do revestimento (mm²).

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Neste tópico serão apresentadas as análises e discussões de resultados referentes à argamassa estabilizada para revestimentos em si, onde primeiramente serão apresentados os dados da argamassa no estado fresco. Posteriormente serão abordados os resultados do estado endurecido e do revestimento argamassado.

4.1 ESTADO FRESCO

Os resultados aqui retratados dizem respeito ao estado fresco da argamassa estabilizada para revestimentos. Poderão ser verificadas informações e discussões dos ensaios delineados na metodologia deste presente trabalho.

4.1.1 Índice de consistência e abatimento pelo tronco de cone

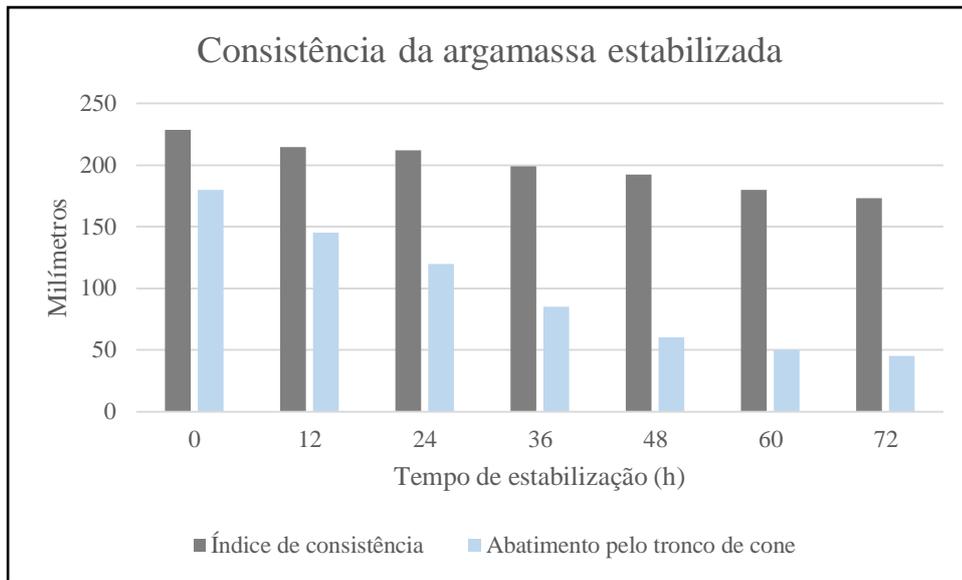
A partir dos ensaios executados foi possível analisar as variações do índice de consistência e do abatimento pelo tronco de cone, variando o tempo de estabilização da argamassa em questão. Os resultados obtidos estão expostos na Tabela 13 e representados graficamente na Figura 26 para melhor visualização dos dados. Uma informação importante que deve ser comentada é que os valores utilizados para os cálculos referentes à este tópico poderão ser encontrados no Apêndice D.

Tabela 13 - Resultados de índice de consistência e abatimento pelo tronco de cone

Tempo de estabilização (h)	Índice de consistência (mm)	Abatimento pelo tronco de cone (mm)
0	229	180
12	215	145
24	212	120
36	199	85
48	192	60
60	180	50
72	173	45

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 26 - Índice de consistência e abatimento pelo tronco de cone em função do tempo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando as informações da Tabela 13 pode-se perceber uma redução de 24,45% no índice de consistência da argamassa em questão, isso em relação do momento da dosagem até o seu tempo máximo de estabilização de 72 horas. Já o ensaio de abatimento pelo tronco de cone apresentou uma perda de 75% referente ao seu valor inicial. Em relação a facilidade de aplicação, até as doze horas de estabilização não houveram diferenças significativas, dos intervalos de 24 à 36 horas começaram a surgir problemas de fixação da argamassa no estado fresco ao substrato pois ela já começava a se soltar da parede. A partir das 48 horas até o limite de tempo estudado houveram grandes dificuldades em relação à aplicação, pois necessitou-se aumentar a força de lançamento da argamassa contra o substrato, pois senão ele não iria aderir corretamente, conforme a Figura 27.

Figura 27 - Aplicação da argamassa estabilizada as 72 horas de estabilização

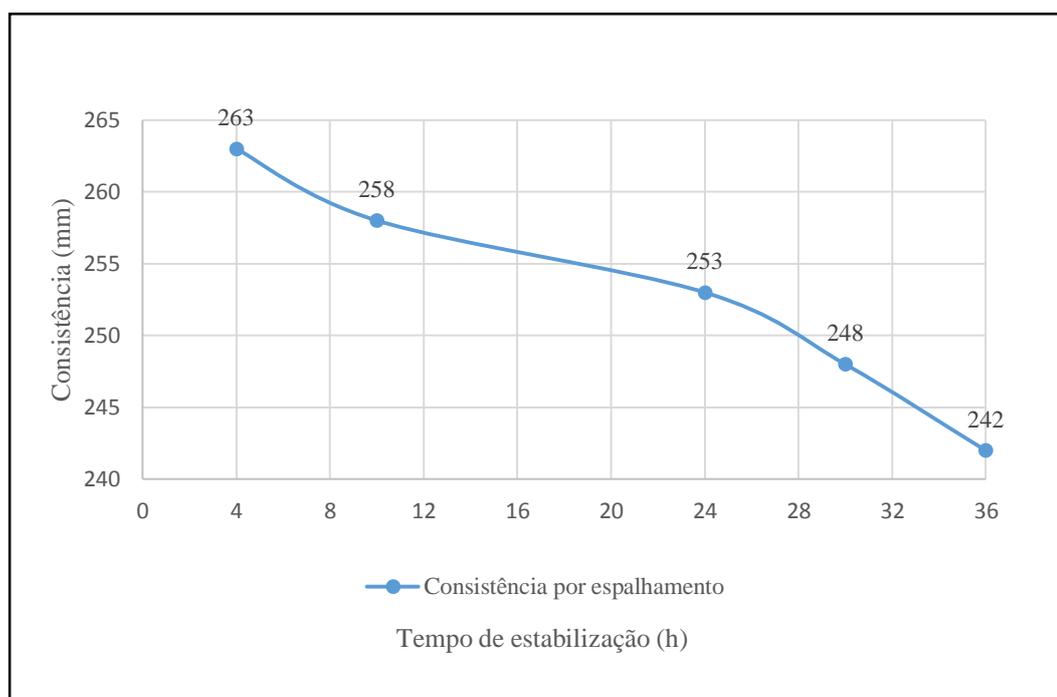


Fonte: Elaborado pelo autor.

Para corroborar com as informações acima explanadas pode-se citar os estudos de Calçada et al. (2013) e Turra (2016), os quais analisaram as propriedades da argamassa estabilizada nos tempos equivalentes a 48 e 72 horas. Nesses estudos foram constatadas reduções no índice de consistência ao decorrer do tempo de estabilização, sendo que aferiram uma perda média de 26% para os tempos de 0 e 48 horas e 13% para o de 0 e 72 horas.

Outra pesquisa que pode ser utilizada neste caso é a de Kebhard e Kazmierczak (2017), a qual analisou a consistência de uma argamassa estabilizada em diferentes tempos de estabilização. Os autores obtiveram um resultado de perda de consistência equivalente à 7,98% em relação ao tempo inicial de ensaio (quatro horas de estabilização) até o final (36 horas de estabilização), conforme a Figura 28.

Figura 28 - Perda de índice de consistência por Kebhard e Kazmierczak (2017)



Fonte: Adaptado de Kebhard e Kazmierczak (2017).

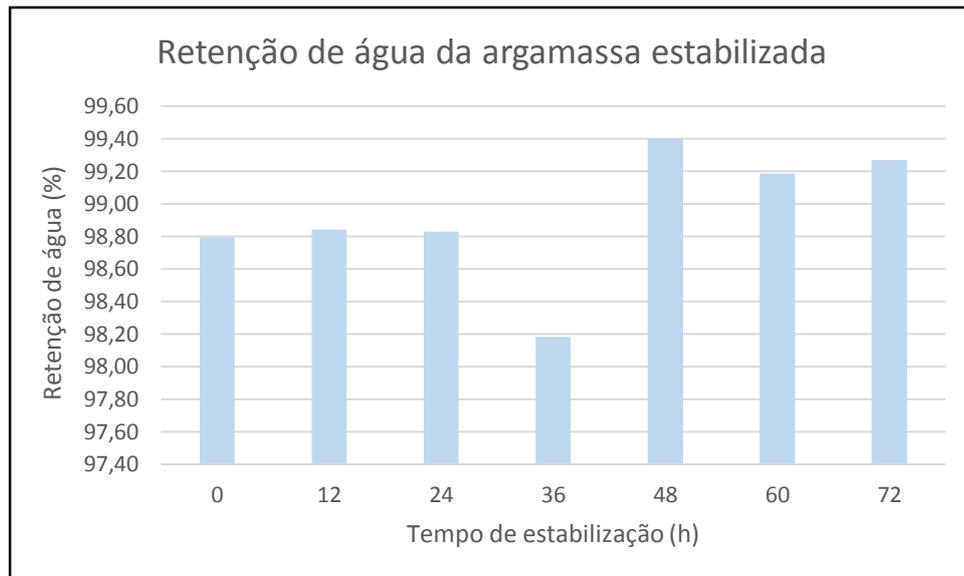
4.1.2 Retenção de água

No que diz respeito a retenção de água da argamassa estabilizada constatou-se que para a argamassa analisada não houveram mudanças significativas neste atributo, o qual ficou em torno de 98% durante todo o tempo de estabilização. Na Tabela 14 poderão ser encontrados os valores aferidos para a característica em questão, sendo que na Figura 29 estarão esboçados graficamente os resultados para melhor entendimento. Os valores utilizados para os cálculos da retenção de água estarão presentes no Apêndice D para consulta.

Tabela 14 - Valores obtidos para retenção de água

Descrição	Tempo de estabilização (h)						
	0	12	24	36	48	60	72
Retenção de água (%)	98,79	98,84	98,83	98,18	99,40	99,19	99,27

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 29 - Retenção de água *versus* tempo de estabilização

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base nas informações acima descritas pode-se afirmar que a argamassa estabilizada em questão teve a capacidade de manter a sua retenção de água praticamente constante durante todo o período de análise. Conforme Macioski (2014), variações na retenção de água da argamassa pode indicar que o produto apresenta dificuldades de manter as características equilibradas e a estabilidade da argamassa.

Um fator que pode afetar a retenção de água da argamassa é o teor de ar incorporado, sendo que no geral, quanto maior este atributo maior será a retenção de água (CARASEK et al., 2011). Ainda, segundo Oliveira (2001), a retenção de água será maior em argamassas de revestimento com maior quantidade de materiais finos em sua composição, pois quando maior esta quantidade maior será a área superficial de contato entre sólidos, sendo que com isto a saída de água será dificultada.

Outro estudo que pode ser citado é o de Kebhard e Kazmierczak (2017), o qual também verificou um comportamento constante no atributo retenção de água, sendo que para a argamassa estudada por eles esta característica mante-se com um valor médio de 97,1% e 98,5% durante todo o tempo de estabilização. Conforme os autores os valores elevados são típicos de argamassas mistas, com uso de cal de boa qualidade em sua composição.

4.1.3 Densidade de massa no estado fresco e teor de ar incorporado

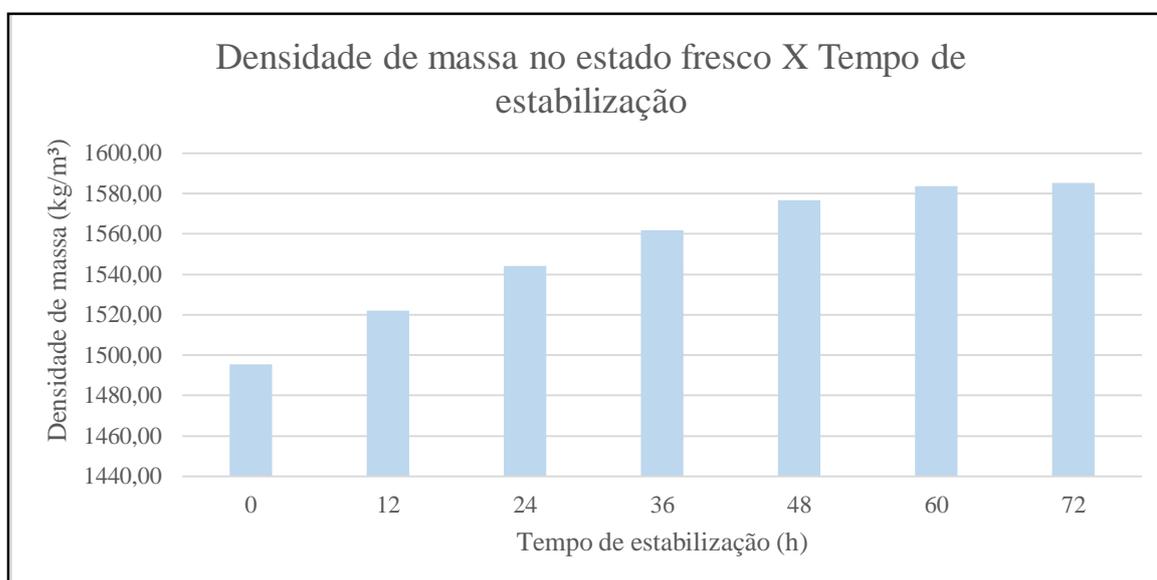
Após a realização dos ensaios foi possível analisar os diferentes comportamentos da argamassa estabilizada frente à densidade de massa no estado fresco e teor de ar incorporado em cada intervalo de aplicação. Os resultados obtidos no que diz respeito à densidade de massa nesse estado podem ser contemplados na Tabela 15 e graficamente na Figura 30, salienta-se que os valores abaixo apresentados referem-se a média de três ensaios para cada tempo analisado, sendo que os demais valores podem ser conferidos no Apêndice D juntamente com os dados de entrada para realização dos cálculos.

Tabela 15 – Valores obtidos para densidade de massa no estado fresco

Descrição	Tempo de estabilização (h)						
	0	12	24	36	48	60	72
Densidade de massa média (kg/m ³)	1495,52	1522,08	1544,07	1561,94	1576,77	1583,65	1585,22

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 30 - Densidade de massa no estado fresco *versus* tempo de estabilização



Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando-se os dados acima pode-se notar um ganho de densidade de massa cada vez menor em relação à medição anterior, sendo que do tempo inicial até as doze horas de estabilização a argamassa ganhou em média 1,7% de densidade. Até as 24 horas de estabilização o objeto de estudo ganhou em torno de 1% de densidade de massa a cada doze horas, sendo que a partir deste momento o ganho foi estabilizando-se. No total, desde o tempo

inicial até as 72 horas de controle, a argamassa ganhou 5,7% de densidade de massa, ou seja, 89,7 kg/m³.

Calçada et al. (2013) e Turra (2016) também notaram um aumento de densidade de massa no estado fresco de argamassas estabilizadas, sendo que em seus estudos chegaram aos valores de 110 kg/m³ para o período de 0 a 48 horas e de 20,66 kg/m³ para o de 0 a 72 horas, respectivamente. Outra pesquisa que pode ser citada é a de Dachery (2015), a qual observou um aumento da densidade de massa nas primeiras 24 horas de 83 kg/m³, sendo que para os demais intervalos o crescimento se aproximou de 35 kg/m³.

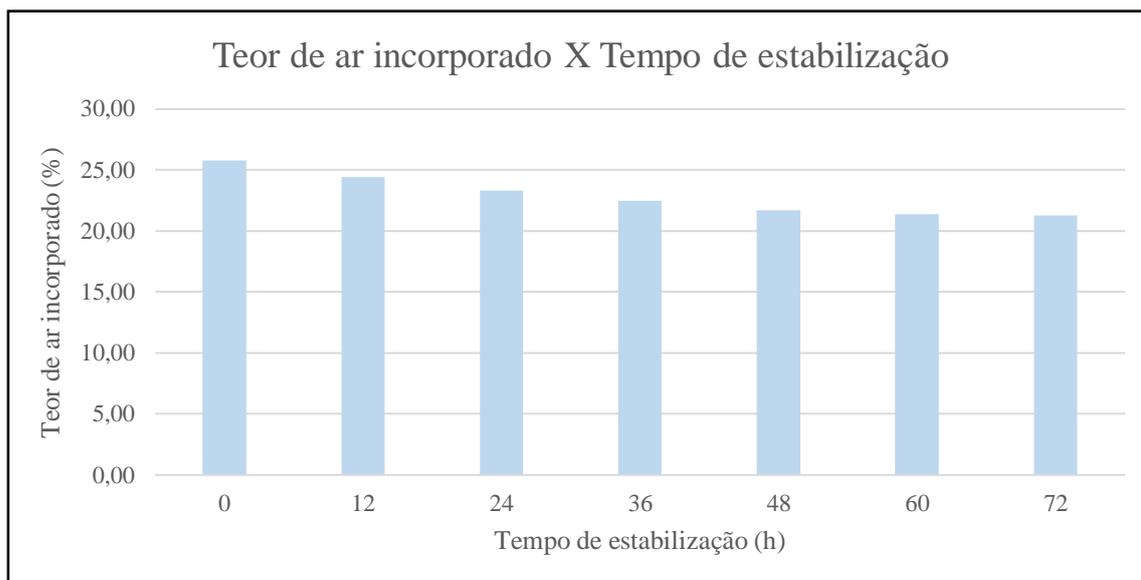
Já em relação ao teor de ar incorporado da argamassa pode-se analisar as informações da Tabela 16 e do gráfico da Figura 31, sendo que os valores apresentados referem-se a média de três diferentes medições. Os valores de entrada para os cálculos deste atributo podem ser consultados no Apêndice D.

Tabela 16 – Valores obtidos para teor de ar incorporado

Descrição	Tempo de estabilização (h)						
	0	12	24	36	48	60	72
Teor de ar incorporado médio (%)	25,75	24,43	23,34	22,45	21,71	21,37	21,29

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 31 - Teor de ar incorporado *versus* tempo de estabilização



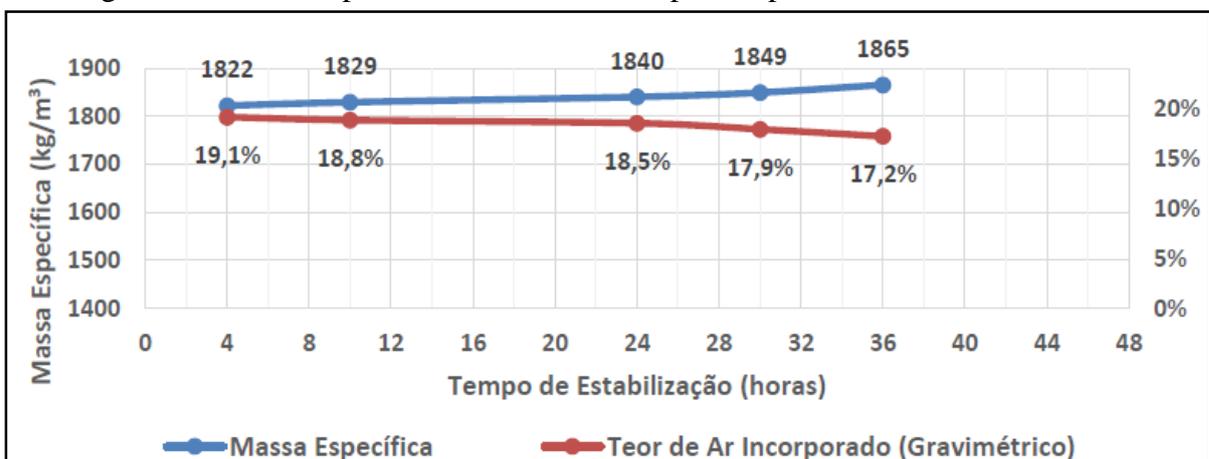
Fonte: Elaborado pelo autor.

No que diz respeito ao teor do ar incorporado da argamassa têm-se uma perda total de 4,46% num período de análise equivalente à 72 horas. Percebe-se também, que o percentual de

perda por intervalo de verificação diminui em relação à medição anterior, da mesma forma que a densidade de massa anteriormente explanada. O alto percentual inicial de teor de ar incorporado deve-se a utilização de um aditivo incorporador de ar.

Alguns estudos podem ser comentados em relação ao teor de ar incorporado em argamassas estabilizadas variando o tempo de análise, sendo eles o de Turra (2016), o qual aferiu uma perda diária de 5,5%, e o de Calçada et al. (2013), sendo encontrado um valor de perda equivalente a 27% um período de 48 horas. Kebhard e Kazmierczak (2017) relacionaram a massa específica no estado fresco e o teor de ar incorporado da argamassa variando os tempos de controle, sendo que em sua pesquisa atestaram que tais propriedades mantiveram-se quase inalteradas até o tempo de estabilização de 24 horas, quando iniciou-se uma maior perda de ar incorporado e consequente aumento de massa específica. Conforme os autores o aumento da massa específica está relacionada com a exsudação da água da argamassa durante o período de estocagem nas caixas, além da perda de ar incorporado, sendo que os resultados obtidos em seu trabalho podem ser analisados na Figura 32.

Figura 32 - Massa específica e teor de ar incorporado por Kebhard e Kazmierczak



Fonte: Kebhard e Kazmierczak (2017).

4.2 ESTADO ENDURECIDO

Os resultados aqui retratados dizem respeito ao estado endurecido da argamassa estabilizada para revestimentos. Poderão ser verificadas informações e discussões dos ensaios de resistência à tração na flexão e compressão, densidade de massa no estado endurecido, absorção total de água, índice de vazios e massa específica, absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade.

4.2.1 Resistência à tração na flexão e compressão

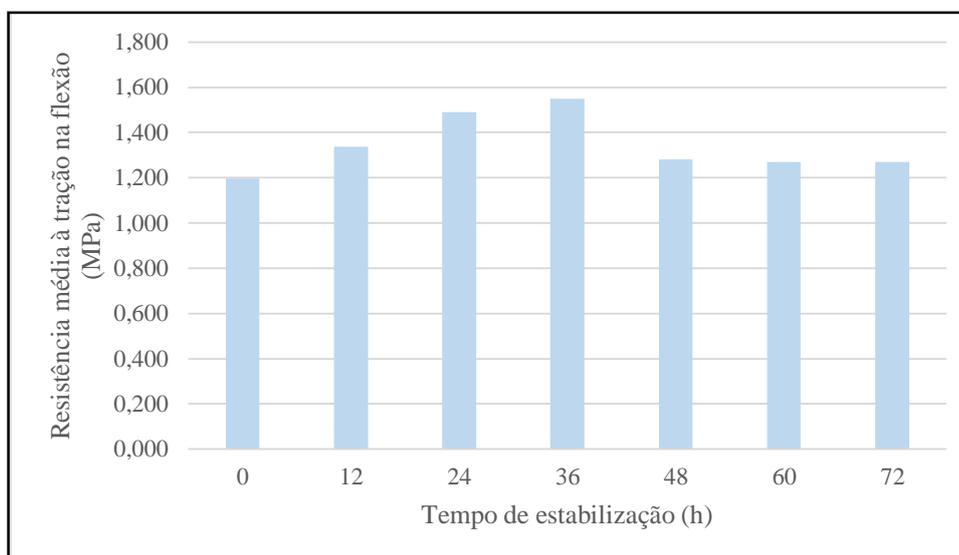
Entrando no assunto de resistência à tração na flexão utilizou-se as imposições da NBR 13279 (ABNT, 2005), a qual afirma que para os resultados serem válidos os valores das amostras devem apresentar um desvio padrão menor que 0,3 MPa. A Tabela 17 e a Figura 33 trazem os resultados obtidos para o ensaio em questão na argamassa estabilizada adotada.

Tabela 17 - Resistência à tração na flexão da argamassa estabilizada

Tempo de estabilização (h)	Resultado tração na flexão (MPa)						
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Média (MPa)	Desvio padrão (MPa)	Coef. de variação (%)
0	1,114	1,320	1,386	0,963	1,196	0,194	16,194
12	1,367	1,206	1,367	1,415	1,339	0,091	6,823
24	1,595	1,239	1,505	1,625	1,491	0,176	11,775
36	1,566	1,463	1,495	1,680	1,551	0,096	6,201
48	1,508	1,308	1,170	1,141	1,282	0,168	13,069
60	1,239	1,152	1,333	1,359	1,271	0,094	7,434
72	1,300	1,373	1,149	1,255	1,269	0,094	7,387

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 33 - Resistências médias de tração na flexão da argamassa estabilizada



Fonte: Elaborado pelo autor.

Baseando-se nos dados acima pode-se notar que houve um ganho de resistência do período inicial até as 36 horas de estabilização, sendo este valor equivalente à 29,71%. Após atingir seu pico de resistência a argamassa em questão começou a apresentar uma queda de 17% neste atributo, sendo que mante-se praticamente constante nos tempos de 48 à 72 horas.

Kebhard e Kazmierczak (2017) ao realizarem o mesmo ensaio em sua argamassa estabilizada não obtiveram resultados expressivos, sendo que para eles esta característica manteve-se praticamente constante durante todo o período de análise, sendo ele de quatro até 36 horas de estabilização. Para melhor análise dos valores utilizou-se a ANOVA, sendo demonstrado que obteve-se um resultado significativo (valor P menor que o erro de 0,05) para as alterações de valores de resistência à tração na flexão, conforme a Tabela 18.

Tabela 18 - Análise de variância da resistência à tração na flexão

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	Valor-P	F crítico	Efeito significativo
Entre grupos	0,405113	6	0,067519	3,589047	0,01318	2,572711641	Sim
Dentro dos grupos	0,395062	21	0,018812				

SQ = Soma dos Quadrados; GL = Grau de Liberdade; MQ = Média quadrada.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando-se as informações da Tabela 18 sabe-se que houve um efeito significativo nos resultados de resistência à tração na flexão, sendo assim elaborou-se uma análise de variância mais aprofundada comparando cada tempo de estabilização para assim saber em que momento os resultados passaram a se tornar significantes, estando os resultados apresentados no Apêndice E deste presente trabalho. A forma de avaliação utilizada para a análise complementar foi proposta por SCHÄFER (2015), quando necessitou analisar a influência de elevadas temperaturas em revestimentos argamassados.

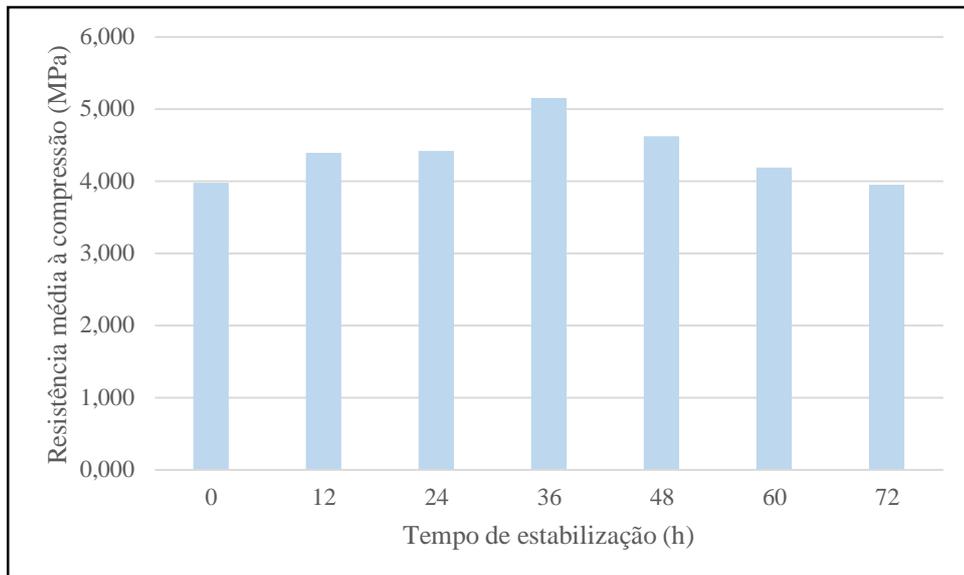
Já no que diz respeito a resistência à compressão também utilizou-se as diretrizes da NBR 13279 (ABNT, 2005), a qual afirma que para tal ensaio o desvio padrão das amostras deve apresentar um valor inferior a 0,5 MPa. A Tabela 19 e a Figura 34 irão apresentar os resultados obtidos para a argamassa estabilizada utilizada.

Tabela 19 - Resistência à compressão da argamassa estabilizada

Tempo de estabilização (h)	Resultado compressão (MPa)						
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Média	Desvio padrão (MPa)	Coef. de variação (%)
0	3,775	4,340	3,858	3,944	3,979	0,250	6,288
12	4,459	4,233	4,357	4,537	4,397	0,132	2,993
24	4,302	4,381	4,526	4,465	4,419	0,098	2,214
36	5,511	4,428	5,401	5,285	5,156	0,494	9,584
48	4,891	4,602	4,448	4,533	4,619	0,192	4,163
60	4,063	4,119	4,602	3,954	4,185	0,287	6,850
72	4,070	3,908	4,165	3,653	3,949	0,224	5,674

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 34 - Resistências médias de compressão da argamassa estabilizada

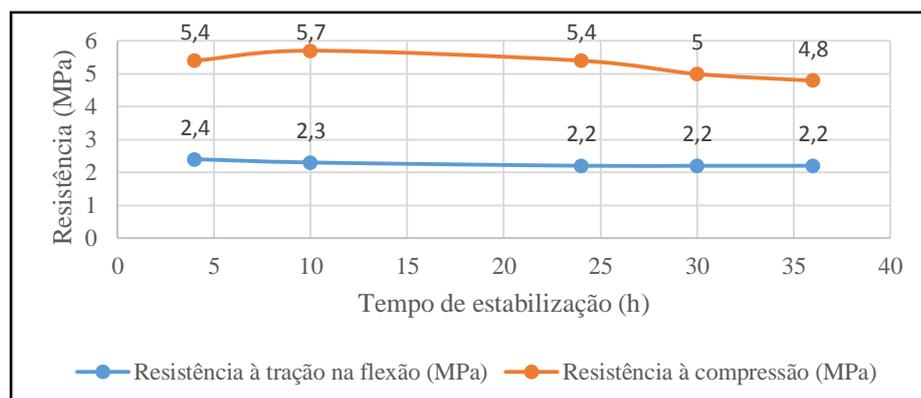


Fonte: Elaborado pelo autor.

Da mesma forma que a resistência à tração na flexão a de compressão também aumentou até as 36 horas de estabilização, e após isto foi diminuindo até o intervalo de tempo de 72 horas. Em relação ao tempo inicial até o pico de resistência obteve-se uma variação equivalente à 29,58% para mais. Darchery (2015) também aferiu um aumento da resistência à compressão da argamassa estabilizada ao decorrer do tempo de estabilização, sendo que o resultado obtido pela mesma foi de 36% de acréscimo.

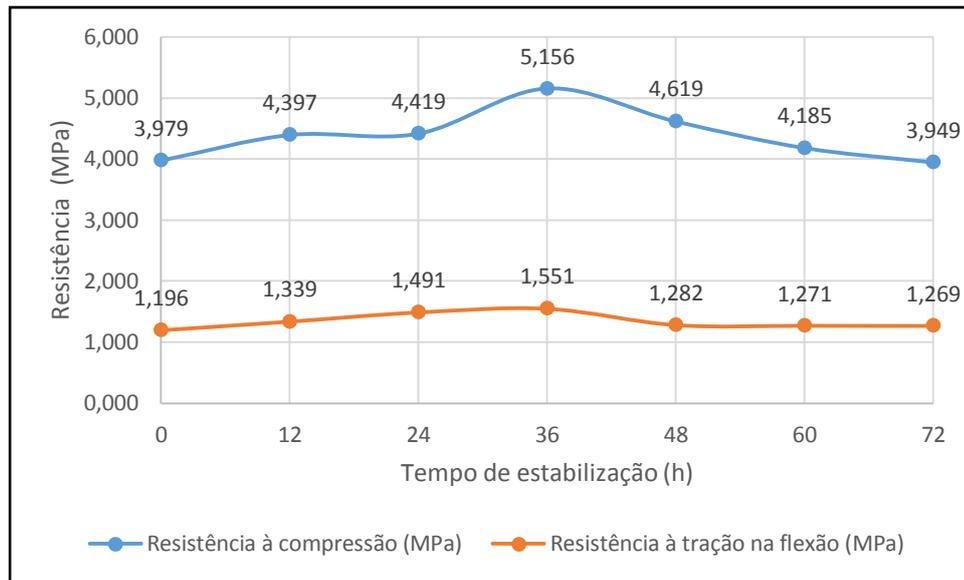
Kebhard e Kazmierczak (2017) em seu estudo obtiveram uma curva de variação de resistências, sendo que para a compressão houve acréscimo nos resultados até as dez horas de estabilização, e após isto ocorreu uma perda de resistência, conforme a Figura 35. Para a argamassa estudada nesta pesquisa pode-se encontrar o mesmo comportamento de curva na Figura 36 para melhor exemplificar os resultados até o momento.

Figura 35 - Variações nas resistências por Kebhard e Kazmierczak



Fonte: Adaptado de Kebhard e Kazmierczak (2017).

Figura 36 - Curvas de resistências médias da argamassa estabilizada



Fonte: Elaborado pelo autor.

Também realizou-se a análise ANOVA para a resistência à compressão, sendo que os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 20, onde novamente obteve-se um efeito significativo para os valores. Para tal investigação utilizou-se o mesmo nível de significância do ensaio anterior, ou seja, 95% e a análise tempo por tempo de estabilização estará disponível para conferência no Apêndice E.

Tabela 20 - Análise de variância da resistência à compressão

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	Valor-P	F crítico	Efeito significativo
Entre grupos	4,182098	6	0,697016	9,699351	3,7E-05	2,572711641	Sim
Dentro dos grupos	1,509106	21	0,071862				
Total	5,691204	27					

SQ = Soma dos Quadrados; GL = Grau de Liberdade; MQ = Média quadrada.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.2 Densidade de massa aparente no estado endurecido

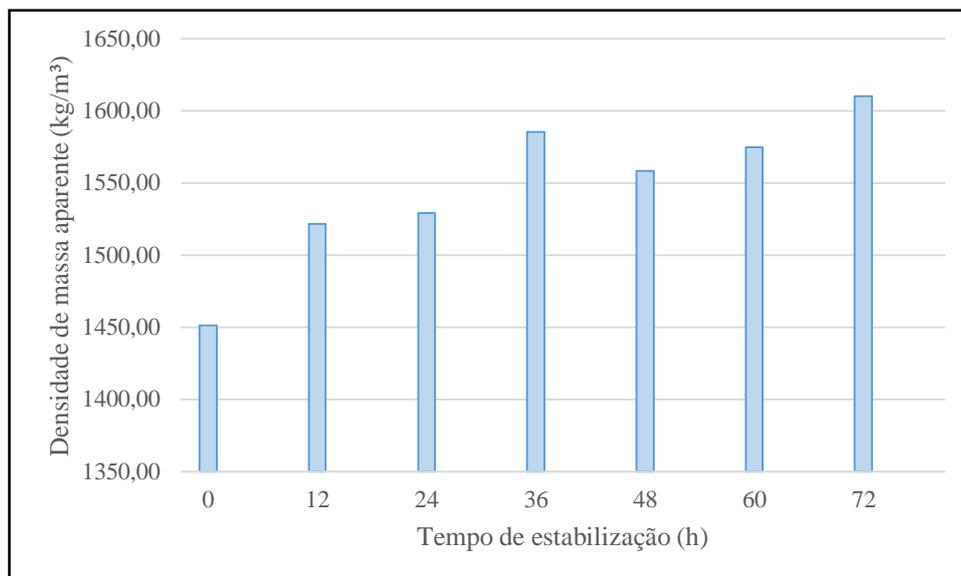
A partir dos ensaios realizados pode-se perceber uma variação na densidade de massa aparente no estado endurecido da argamassa estabilizada em questão. Os resultados obtidos estarão expostos na Tabela 21 e na Figura 37, sendo que os valores de entrada para os cálculos poderão ser contemplados no Apêndice E.

Tabela 21 - Densidade de massa aparente no estado endurecido

Densidade de massa aparente no estado endurecido (kg/m ³)							
Tempo de estabilização (h)	Amostra				Média	Desvio padrão (kg/m ³)	Coef de variação (%)
	1	2	3	4			
0	1402,77	1452,46	1486,17	1463,24	1451,16	35,189	2,425
12	1536,72	1525,94	1518,09	1505,20	1521,48	13,277	0,873
24	1510,43	1531,60	1516,80	1557,46	1529,07	20,901	1,367
36	1609,22	1572,73	1560,74	1598,48	1585,29	22,411	1,414
48	1554,18	1552,70	1564,14	1563,01	1558,51	5,902	0,379
60	1579,53	1607,15	1559,88	1552,70	1574,81	24,358	1,547
72	1628,40	1607,46	1603,67	1600,86	1610,10	12,497	0,776

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 37 - Densidade de massa aparente média



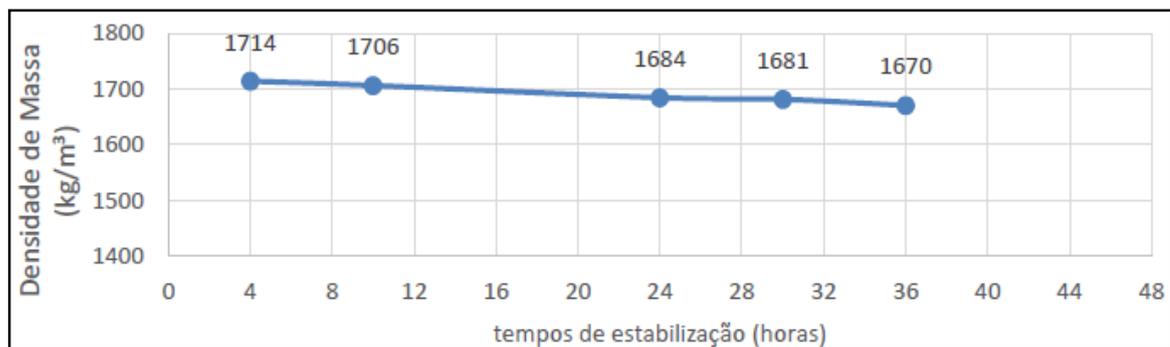
Fonte: Elaborado pelo autor.

Notou-se um aumento na densidade de massa aparente até o período de 36 horas de estabilização, após isto ocorreu uma queda neste atributo, sendo retomado somente nas 72 horas, onde apresentou o maior valor dentro desta característica. Desde a hora da dosagem da

argamassa até o seu tempo final de estabilização houve um acréscimo de 11% no que diz respeito a este valor. Dachery (2015) encontrou diferentes resultados neste quesito na argamassa analisada por ela, sendo que no período de 0 à 24 horas a densidade de massa aparente diminuiu, enquanto que nos demais tempos analisados (48 e 72 horas) ela cresceu em torno de 46 kg/m^3 .

Kebhard e Kazmierczak (2017) em sua pesquisa depararam-se que ao contrário do observado no estado fresco, a densidade de massa no estado endurecido diminuiu continuamente em função do tempo de estabilização (Figura 38). Conforme os autores, tal fato pode ter ocorrido devido à queda da trabalhabilidade no estado fresco, a qual pode ter levado à uma maior incorporação de ar durante a operação de remistura da argamassa com colher de pedreiro.

Figura 38 - Densidade de massa aparente por Kebhard e Kazmierczak



Fonte: Kebhard e Kazmierczak (2017).

Para complementar as informações acima citadas realizou-se uma análise de variância com o intuito de identificar se houveram mudanças significativas nesta característica. Seguindo os valores das Tabelas 22 e 23 pode-se constatar um efeito significativo na variação de resultados da densidade de massa aparente ao longo do tempo.

Tabela 22 - Análise de variância geral da densidade de massa aparente

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	Valor-P	F crítico	Efeito significativo
Entre grupos	66043	6	11007	24,555	1,821E-08	2,57271	Sim
Dentro dos grupos	9413,8	21	448,27				
Total	75457	27					

SQ = Soma dos Quadrados; GL = Grau de Liberdade; MQ = Média quadrada.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 23 - Análise de variância tempo por tempo da densidade de massa aparente

Densidade de massa aparente - Valor P de tempo por tempo de estabilização							
Identificação	0 h	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h
0 h		0,009627	0,0089	0,0007	0,00095	0,00117	0,00014
12 h			0,3756	0,0027	0,002229	0,0085	6,81E-05
24 h				0,0104	0,03508	0,02916	0,00056
36 h					0,06012	0,54999	0,10136
48 h						0,24085	0,0003
60 h							0,0419

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.3 Absorção de água total, índice de vazios e massa específica

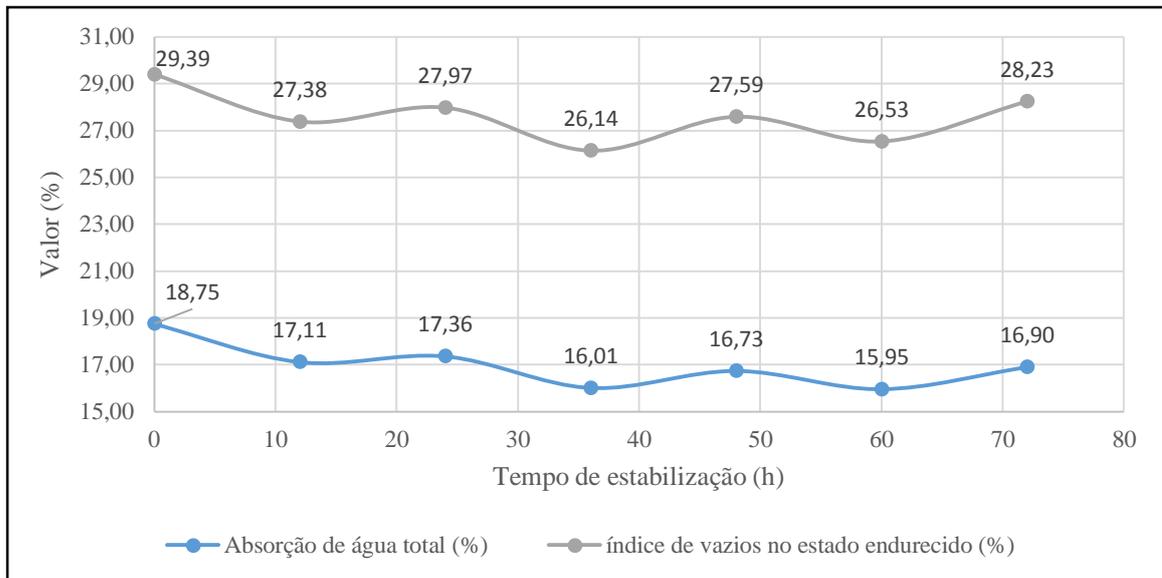
Após a realização dos ensaios chegou-se aos resultados apresentados na Tabela 24 e nas Figuras 39 e 40. Vale a pena comentar que os valores apresentados referem-se a média de quatro medições, sendo que os valores completos de cada ensaio poderá ser contemplado no Apêndice E.

Tabela 24 - Absorção total de água, índice de vazios e massa específica

Valores médios de quatro repetições							
Descrição do ensaio	Tempo de estabilização (h)						
	0	12	24	36	48	60	72
Absorção de água total (%)	18,75	17,11	17,36	16,01	16,73	15,95	16,90
Índice de vazios no estado endurecido (%)	29,39	27,38	27,97	26,14	27,59	26,53	28,23
Massa específica da amostra seca (kg/m ³)	1568,04	1600,13	1611,63	1633,00	1648,54	1663,32	1671,12
Massa específica da amostra saturada (kg/m ³)	1861,99	1873,93	1891,38	1894,40	1924,41	1928,66	1953,46
Massa específica real no estado endurecido (kg/m ³)	2220,87	2203,57	2237,88	2211,01	2276,63	2264,32	2328,69

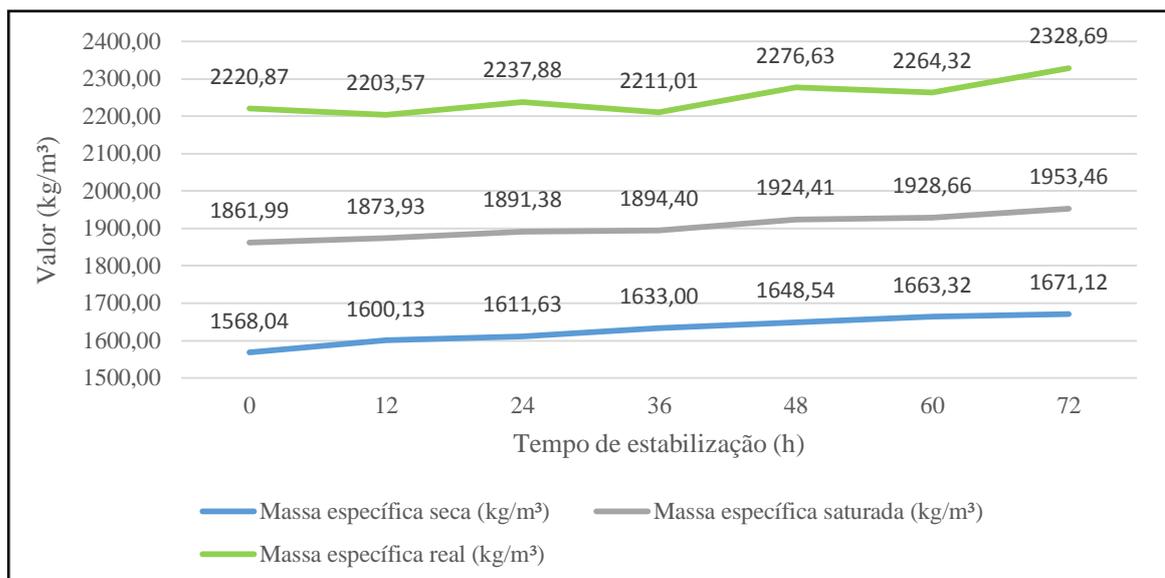
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 39 - Valores médios de absorção total de água e índice de vazios



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 40 - Valores médios de massas específicas no estado endurecido



Fonte: Elaborado pelo autor.

Levando em consideração as informações acima pode-se perceber que nos itens: absorção de água total, índice de vazios e massa específica no estado endurecido a argamassa estabilizada mostrou-se bastante instável, variando seus resultados de uma forma não linear. Pode-se destacar alguns pontos interessantes se compararmos o tempo inicial com o final de estabilização, sendo eles: uma perda média de 4% no índice de vazios, um decréscimo de 10% na absorção de água total, um aumento de 5% na massa específica real e na massa específica saturada, e por fim, um crescimento de 7% na massa específica seca da argamassa. Moura (2007) observou uma relação entre a absorção de água e a resistência mecânica da argamassa

em seu trabalho, sendo que constatou que quanto maior a absorção de água menor a resistência mecânica, fato que pôde ser observado nesta presente pesquisa.

Com o intuito de analisar se os resultados acima expressos geram algum grau de significância investigou-se os valores pela ANOVA, sendo que priorizou-se os atributos de maior importância, sendo eles: absorção total de água, índice de vazios e massa específica real. Nas Tabelas 25, 26 e 27 poderão ser atentados os resultados gerais das análises, e no Apêndice E poderão ser aferidos os valores de significância pelo método tempo por tempo de estabilização.

Tabela 25 - Análise de variância geral da absorção de água total

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	Valor-P	F crítico	Efeito significativo
Entre grupos	21,386	6	3,5644	20,2686	9,91E-08	2,57271	Sim
Dentro dos grupos	3,6930	21	0,17586				
Total	25,0794	27					

SQ = Soma dos Quadrados; GL = Grau de Liberdade; MQ = Média quadrada.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 26 - Análise de variância geral do índice de vazios

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	Valor-P	F crítico	Efeito significativo
Entre grupos	28,3154	6	4,71924	10,4826	2,07E-05	2,57271	Sim
Dentro dos grupos	9,45413	21	0,45019				
Total	37,7696	27					

SQ = Soma dos Quadrados; GL = Grau de Liberdade; MQ = Média quadrada.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 27 - Análise de variância geral da massa específica real

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	Valor-P	F crítico	Efeito significativo
Entre grupos	47081,0	6	7846,84	19,4225	1,43E-07	2,57271	Sim
Dentro dos grupos	8484,15	21	404,007				
Total	55565,2	27					

SQ = Soma dos Quadrados; GL = Grau de Liberdade; MQ = Média quadrada.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tendo como base as análises de variância pode-se notar que em todos os atributos houveram variações significativas. Um dos fatores atribuídos a isto é a grande variação encontrada e o comportamento não linear da argamassa estabilizada frente a estas utilizações.

4.2.4 Absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade

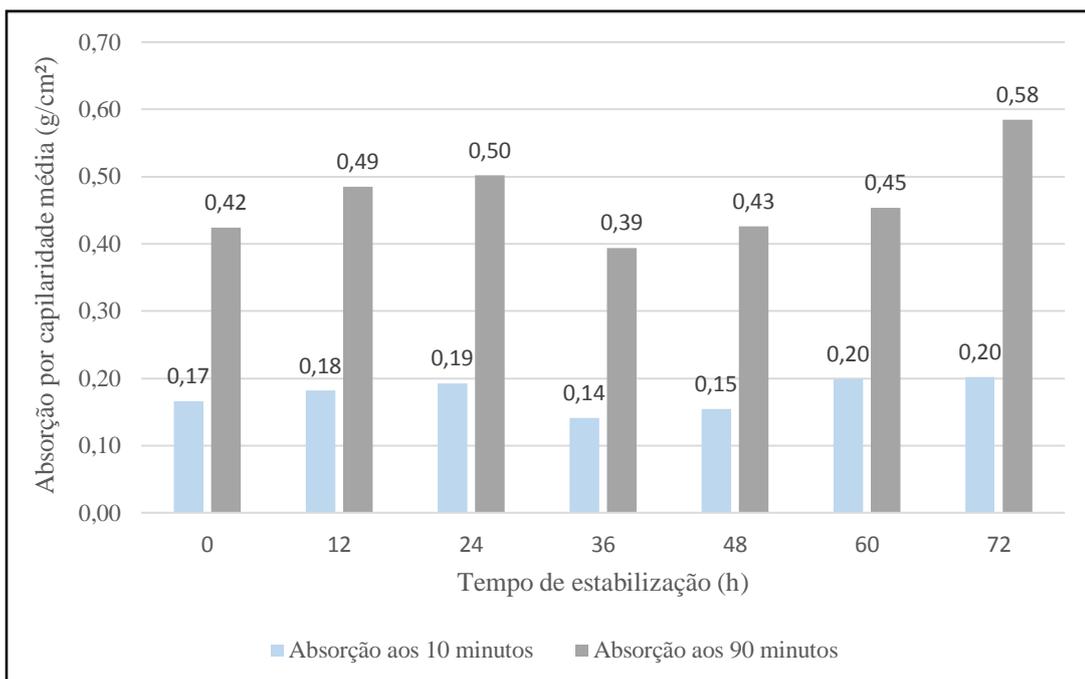
Nos quesitos absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade obteve-se os resultados apresentados na Tabela 28 e nas Figuras 41 e 42. Um ponto importante é que os valores abaixo representados são provenientes da média de quatro diferentes ensaios, sendo que para uma visualização mais aprofundada deve-se analisar o Apêndice E.

Tabela 28 - Absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade médios

Valores médios de quatro repetições							
Descrição do ensaio	Tempo de estabilização (h)						
	0	12	24	36	48	60	72
Absorção de água por capilaridade aos 10 minutos (g/cm^2)	0,17	0,18	0,19	0,14	0,15	0,20	0,20
Absorção de água por capilaridade aos 90 minutos (g/cm^2)	0,42	0,49	0,50	0,39	0,43	0,45	0,58
Coefficiente de capilaridade ($\text{g}/\text{dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$)	4,12	4,86	4,94	4,04	4,33	4,08	6,12

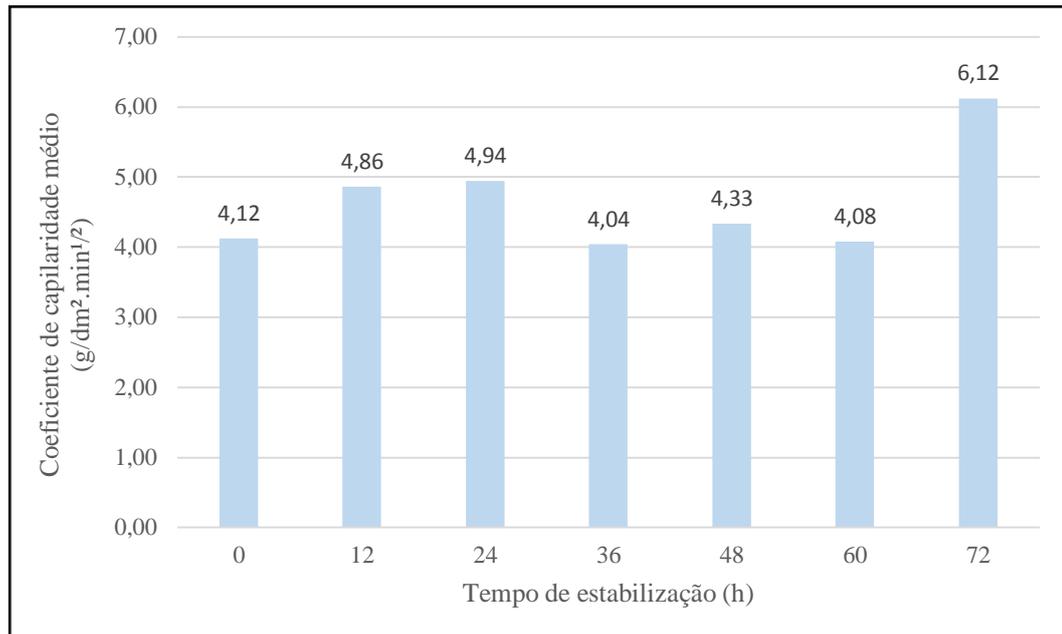
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 41 - Absorção por capilaridade média *versus* tempo de estabilização



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 42 - Coeficiente de capilaridade médio *versus* tempo de estabilização



Fonte: Elaborado pelo autor.

Observou-se uma variação nos resultados de absorção por capilaridade e coeficiente de capilaridade nas amostras analisadas, sendo que o comportamento não foi linear e nem manteve o mesmo padrão entre os tempos de estabilização. Algumas informações podem ser aferidas considerando-se os dados acima apresentados e relacionando-se o tempo inicial com o final de estabilização, sendo elas: um aumento de 18% na absorção por capilaridade no tempo de dez minutos, um acréscimo de 38% na mesma característica equivalente ao intervalo de 90 minutos e um crescimento de 48,5% no coeficiente de capilaridade das amostras.

Jantsch (2015) em sua pesquisa com argamassas estabilizadas constatou que a absorção de água por capilaridade das argamassas de 72 horas é superior ao da argamassa 36 horas, e comentou que isto ocorre provavelmente devido à maior concentração de aditivo incorporador de ar no traço, o que deixa a argamassa mais porosa. A autora também aferiu uma diferença de 120% a mais no coeficiente de capilaridade comparando-se as argamassas estabilizadas de 36 com a de 72 horas, isto aos 28 dias de cura.

Após a análise de variância notou-se efeitos significativos em todos os atributos aqui descritos neste tópico, sendo que os resultados podem ser analisados nas Tabelas 29, 30 e 31. Para a verificação de significância tempo por tempo de estabilização pode-se consultar o Apêndice E.

Tabela 29 - Análise de variância da absorção por capilaridade aos 10 minutos

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	Valor-P	F crítico	Efeito significativo
Entre grupos	0,012957701	6	0,00216	5,66982	1,24E-03	2,57271	Sim
Dentro dos grupos	0,007998828	21	0,00038				
Total	0,020956529	27					

SQ = Soma dos Quadrados; GL = Grau de Liberdade; MQ = Média quadrada.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 30 - Análise de variância da absorção por capilaridade aos 90 minutos

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	Valor-P	F crítico	Efeito significativo
Entre grupos	0,097691574	6	0,01628	8,50133	9,31E-05	2,57271	Sim
Dentro dos grupos	0,040219629	21	0,00192				
Total	0,137911203	27					

SQ = Soma dos Quadrados; GL = Grau de Liberdade; MQ = Média quadrada.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 31 - Análise de variância do coeficiente de capilaridade

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	Valor-P	F crítico	Efeito significativo
Entre grupos	13,48748571	6	2,24791	11,0815	1,36E-05	2,57271	Sim
Dentro dos grupos	4,259925	21	0,20285				
Total	17,74741071	27					

SQ = Soma dos Quadrados; GL = Grau de Liberdade; MQ = Média quadrada.

Fonte: Elaborado pelo autor.

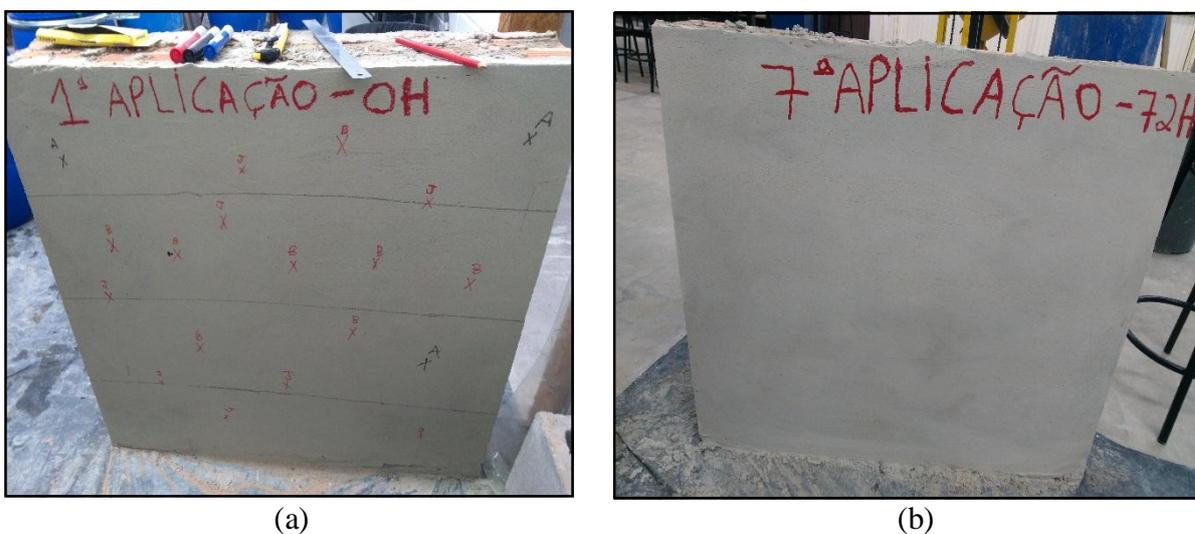
4.3 REVESTIMENTO ARGAMASSADO

Os resultados aqui retratados dizem respeito ao revestimento argamassado em si. Poderão ser verificadas informações e discussões dos ensaios de quantidade e comprimento de fissuras e resistência de aderência à tração.

4.3.1 Acompanhamento de incidência de fissuração no revestimento argamassado

Após acompanhar a evolução da cura do revestimento argamassado até os 28 dias notou-se que não houveram incidências de fissuras na argamassa estabilizada analisada, sendo que em nenhum momento manifestou-se tal fenômeno. Na Figura 43 poderão ser contemplados os revestimento já curados aos 28 dias da primeira e da última aplicação, ou seja, do tempo inicial e final de estabilização.

Figura 43 - (a) Revestimento argamassado de 0h, (b) Revestimento argamassado de 72h



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com Bauer (1994) a fissuração em revestimentos de argamassa ocorre em função de fatores como: consumo de cimento, teor de finos, quantidade de água de amassamento, resistência de aderência à base, número e espessura de camadas e perda de água. Sendo assim pode-se subjugar que a argamassa utilizada apresenta bons resultados frente a estes requisitos, bem como o método construtivo adotado.

4.3.2 Resistência de aderência à tração

Realizou-se o ensaio da resistência de aderência à tração de acordo com as orientações da NBR 13528 (ABNT, 2010), sendo que para cada tempo de estabilização aferiu-se doze testemunhos. A norma estabelece que para revestimentos internos o valor mínimo de resistência de aderência à tração deve ser de 0,2 MPa, e para os externos este valor necessita ser pelo menos 0,3 MPa. A Tabela 32 apresenta os resultados médios obtidos para os ensaios, ela também nos traz o teor médio de umidade dos revestimentos aos 28 dias de cura. Outra ação realizada foi a

exclusão dos valores que não condiziam com as médias do sistema, bem como os ensaios que falharam durante a execução. No Apêndice F poderão ser contempladas todas as informações de cada um dos revestimentos analisados.

Tabela 32 - Resultados médios de resistência de aderência e teor de umidade

Tempo de estabilização (h)	Resistência de aderência à tração média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coefficiente de variação (%)	Forma de ruptura predominante	Teor de umidade médio do revestimento (%)
0	0,57	0,07	11,61	95~100% Argamassa	1,40
12	0,62	0,12	18,73	90% Arg. / 10% Interface Arg.Chapisco	1,32
24	0,66	0,08	12,69	90% Arg. / 20% Interface Arg.Chapisco	1,15
36	0,60	0,08	12,82	60% Arg. / 40% Interface Arg.Chapisco	1,54
48	0,51	0,09	17,57	80% Arg. / 20% Interface Arg.Chapisco	1,33
60	0,43	0,08	18,05	100% Interface Argamassa.Chapisco	1,16
72	0,38	0,06	16,83	100% Interface Argamassa.Chapisco	1,40

Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando-se as informações da tabela acima pode-se notar um ganho de resistência de aderência à tração nos intervalos de zero até 24 horas de estabilização, após este período a resistência decresce até as 72 horas. Nota-se também que o desvio padrão das amostras demonstrou-se relativamente baixo, gerando assim um coeficiente de variação meramente expressivo. Segundo Carasek et al. (2011) uma variação menor que 25 % pode ser considerada de confiança, por tratar-se de um ensaio com muitas variáveis que influenciam no resultado final.

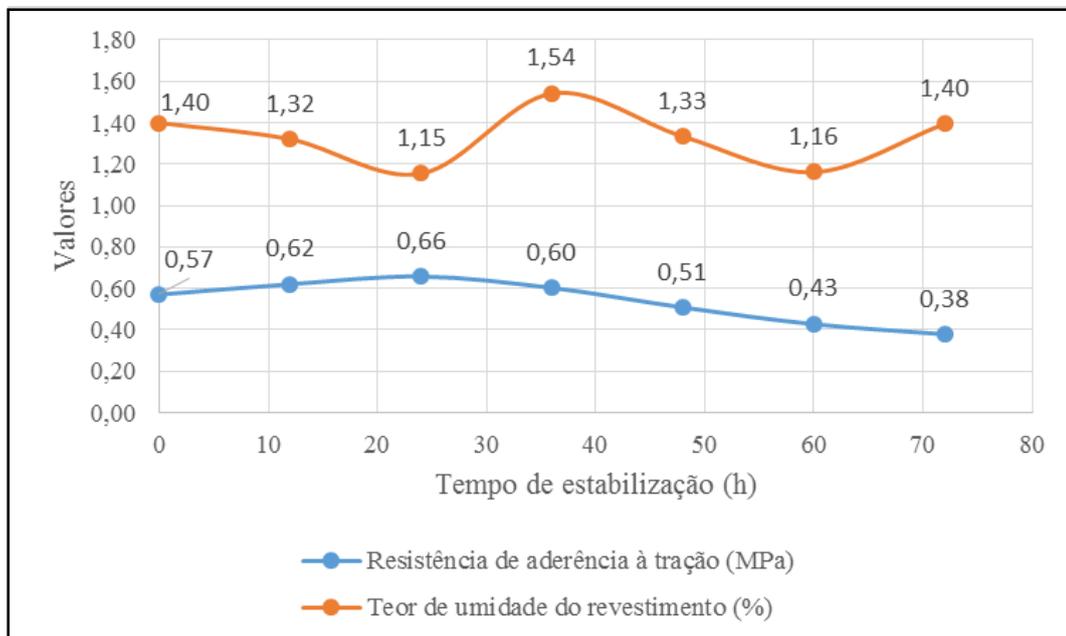
Tendo como referência o tempo inicial de análise, aferiu-se um aumento de 16% na resistência de aderência à tração até o período de 24 horas, após isto ocorreu um decréscimo médio de 42% em relação ao pico de resistência até o intervalo final de estabilização. Mesmo com todas estas variações a argamassa estabilizada analisada atende os requisitos da NBR 13528 (ABNT, 2010), pois nenhum resultado ficou abaixo dos 0,3 MPa solicitados para revestimentos externos.

Kebhard e Kazmierczak (2017) em seu estudo encontraram um comportamento semelhante à da argamassa aqui analisada, sendo que no produto avaliado por eles a resistência de aderência a tração cresceu de 0,37 MPa para 0,42 MPa do período de quatro até 24 horas de

estabilização, representando assim um aumento de 23,5%. A partir deste momento a resistência começou a decrescer, chegando à 0,34 MPa no tempo de estabilização equivalente a 36 horas, gerando uma variação de 19% em relação ao pico.

Já no que diz respeito ao teor de umidade do revestimento, aferiu-se valores bastante próximos entre os tempos analisados, fato que também foi contemplado por Kebhard e Kazmierczak (2017) em sua pesquisa, sendo que para eles este atributo variou entre 1,5% e 1,6%. Na Figura 44 poderão ser encontrados os resultados aqui obtidos, sendo eles expressos graficamente para melhor visualização e entendimento.

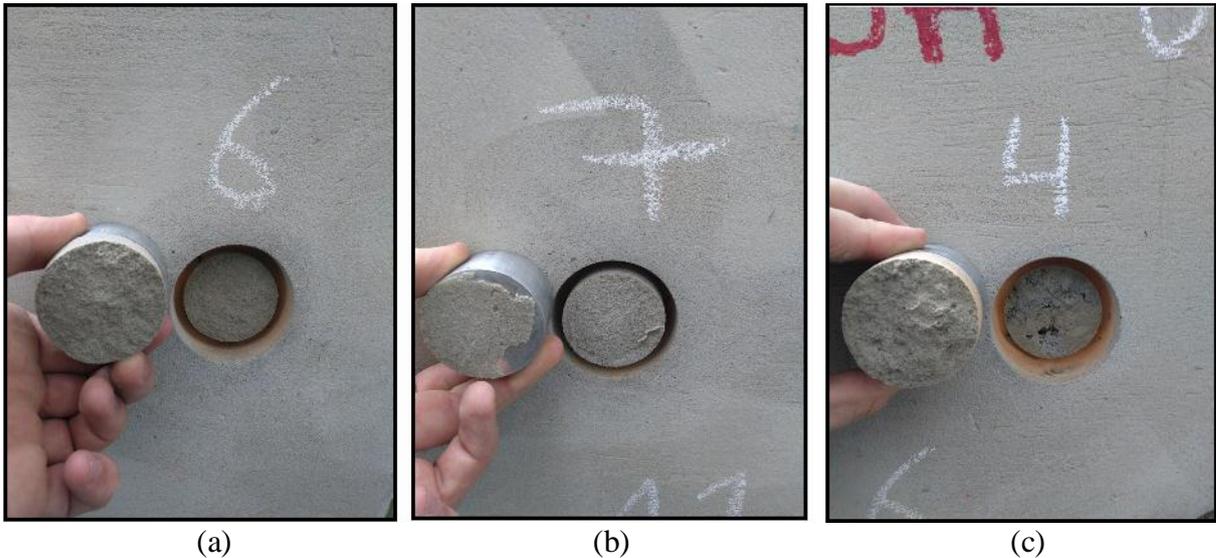
Figura 44 - Resistência de aderência à tração e teor de umidade dos revestimentos



Fonte: Elaborado pelo autor.

Outro fator que chamou bastante a atenção foram as formas de ruptura dos revestimentos argamassados, sendo que iniciou-se com rompimentos quase que totalmente na argamassa, e com o passar do tempo de estabilização a ruptura começou a ocorrer na interface argamassa/chapisco, isto indica que a perda de consistência anteriormente aferida afetou significativamente nesta questão, pois a argamassa no estado fresco não teve a capacidade de penetrar nas reentrâncias e na porosidade do substrato para gerar uma melhor ancoragem. Na Figura 45 encontram-se as formas de ruptura mais comuns encontradas durante os ensaios.

Figura 45 – (a) Ruptura na argamassa, (b) Ruptura superficial, (c) Ruptura na interface



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para melhor avaliar os resultados obtidos realizou-se a ANOVA, tanto para os valores gerais quanto a análise de tempo por tempo de estabilização, sendo que com isto percebeu-se efeitos significativos na variação dos resultados de resistência à aderência e não significativos no teor de umidade dos revestimentos. Nas Tabelas 33, 34 e 35 estarão presentes as análises e os resultados de significância.

Tabela 33 - Análise de variância geral para os ensaios de resistência de aderência

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	Valor-P	F crítico	Efeito significativo
Entre grupos	0,606596	6	0,101099	14,73361	5,16E-10	2,265567	Sim
Dentro dos grupos	0,384262	56	0,006862				
Total	0,990857	62					

SQ = Soma dos Quadrados; GL = Grau de Liberdade; MQ = Média quadrada.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 34 - Análise de variância tempo por tempo para resistência de aderência

Resistência de aderência à tração - Valor P tempo por tempo de estabilização							
Identificação	0 h	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h
0 h		0,27976	0,02583	0,35513	0,11146	0,000231273	1,1463E-05
12 h			0,44442	0,71062	0,03527	0,000380268	5,14E-05
24 h				0,1665	0,00205	6,55149E-06	5,8162E-07
36 h					0,0285	7,32628E-05	5,0053E-06
48 h						0,028766724	0,00274726
60 h							0,26520232

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 35 - Análise de variância geral para o teor de umidade dos revestimentos

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	Valor-P	F crítico	Efeito significativo
Entre grupos	0,4525	6	0,07542	0,80282	5,79E-01	2,57271	Não
Dentro dos grupos	1,97274	21	0,09394				
Total	2,42524	27					

SQ = Soma dos Quadrados; GL = Grau de Liberdade; MQ = Média quadrada.

Fonte: Elaborado pelo autor.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos resultados obtidos com os ensaios pode-se concluir alguns pontos relativos às propriedades da argamassa estabilizada por 72 horas para revestimentos estudada. As considerações irão englobar as propriedades do estado fresco, do endurecido e do revestimento argamassado em si.

O tempo de estabilização gerou influência nas propriedades da argamassa de revestimento no estado fresco, como: perda de índice de consistência, ganho de densidade de massa e diminuição no teor de ar incorporado da mistura. Uma característica que não foi afetada ao decorrer do tempo de estabilização foi a retenção de água, a qual permaneceu praticamente inalterada durante todo o período analisado.

Já no estado endurecido as influências foram: aumento nas resistências de tração na flexão e compressão até o tempo de 36 horas de estabilização e posterior decréscimo até as 72 horas; aumento na densidade de massa aparente com o passar do tempo; menor absorção de água total e índice de vazios comparando-se o tempo inicial com o final de estabilização; aumento na massa específica, absorção por capilaridade e coeficiente de capilaridade considerando-se os valores iniciais e finais. Também notou-se comportamentos não lineares e sequenciais nos resultados dos atributos do estado endurecido.

O que diz respeito aos revestimentos argamassados em si apontam-se as seguintes considerações: não houveram fissurações nos revestimentos durante todo o período de cura (28 dias); a resistência de aderência à tração aumentou até o período de 24 horas, sendo que posteriormente houveram decréscimos significativos nesta característica; inicialmente a forma de ruptura predominante foi 100% na própria argamassa, isto indica que a interface argamassa/chapisco estava mais resistente do que a própria argamassa em si, tal fato ocorre devido à ancoragem do revestimento ao substrato. Posteriormente perdeu-se esta ancoragem decorrente do baixo índice de consistência da argamassa na hora da aplicação e as rupturas começaram a predominar na interface argamassa/chapisco; a umidade dos revestimentos em si permaneceram praticamente iguais mesmo variando as aplicações em função do tempo de estabilização, sendo que não houveram efeitos significativos neste atributo.

Tendo em vista tudo o que foi visto neste presente trabalho pode-se concluir que o objetivos principais foram alcançados, pois conseguiu-se avaliar as alterações das características da argamassa estabilizada por 72 horas para revestimentos tanto no estado fresco como no endurecido e também o desempenho do revestimento argamassado em si. Os objetivos específicos guiaram esta pesquisa nas delimitações e metodologias utilizadas, sendo que pode-

se afirmar que estes também foram atendidos, pois conseguiu-se realizar todas as análises com clareza e precisão tomando como base as diretrizes por eles propostos. Com isso, de maneira mais detalhada, pode-se concluir que:

Em relação à argamassa estabilizada para revestimentos no estado fresco:

- a) a perda de índice de consistência desde o tempo inicial de estabilização até o final foi equivalente à 24,45%, isto refletiu nas formas de ruptura e resistências nos ensaios de aderência dos revestimentos argamassados;
- b) a retenção de água não foi afetada com o passar do tempo de estabilização, sendo que esta característica para a argamassa analisada ficou aproximadamente em 99%;
- c) a densidade de massa no estado fresco cresceu com o passar do tempo de estabilização, sendo que do momento inicial até o final a variação foi de 5,7%, motivo pelo qual houve maior dificuldade de realizar a execução;
- d) o teor de ar incorporado da mistura decaiu comparando-se o tempo inicial com o final, sendo que numericamente obteve-se um resultado de variação equivalente a 4,46%, tal acontecimento gerou o aumento de massa aferido no item anterior.

Em relação à argamassa estabilizada para revestimentos no estado endurecido:

- a) houveram ganhos na resistência à tração na flexão ao passar do período de estabilização da argamassa, sendo que desde o tempo inicial até o pico de resistência (36 horas) o acréscimo foi de 29,71%, após isto a argamassa começou a perder resistência e permaneceu praticamente constante nos tempos de 48 à 72 horas;
- b) da mesma forma que a resistência à tração na flexão a de compressão também cresceu até as 36 horas de estabilização, onde atingiu seu pico, e decresceu posteriormente até o período de 72 horas. Relacionando-se a resistência do tempo inicial com a resistência de pico houve um ganho de 29,58%;
- c) a densidade de massa aparente cresceu até as 36 horas de estabilização, após isto ocorreu uma queda neste atributo, sendo retomado somente no período de 72 horas, onde apresentou o maior valor para esta característica. Desde a hora da dosagem da argamassa até o seu tempo final de estabilização houve um acréscimo em média de 11%;
- d) a absorção de água total, o índice de vazios e a massa específica no estado endurecido mostraram-se bastante instáveis, sendo que seus resultados variando o tempo de

estabilização da argamassa não seguem uma sequência linear e lógica, momentos variavam para mais, momentos para menos, quase que alternadamente entre os tempos de análise. Comparando-se o tempo inicial com o final de estabilização têm-se os seguintes resultados: diminuição de 4% no índice de vazios, aumento de 5% na massa específica real e na massa específica saturada, acréscimo de 7% na massa específica seca da argamassa e decréscimo de 10% na absorção total de água;

- e) a absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade também mostraram-se instáveis e não seguiram sequências lógicas, porém, comparando-se o tempo inicial com o final de análise pôde-se aferir algumas informações, sendo elas: aumento de 18% na absorção por capilaridade no tempo de dez minutos, acréscimo de 38% na mesma característica equivalente ao intervalo de 90 minutos, crescimento de 48,5% no coeficiente de capilaridade.

Em relação ao revestimento argamassado em si:

- a) não houveram incidências de fissuras durante todo o período de análise, mostrando assim a eficiência da argamassa perante a esta patologia;
- b) houveram ganhos na resistência de aderência à tração nos intervalos de zero até 24 horas, após este intervalo de tempo a resistência descesse até as 72 horas. Tomando como base a resistência de pico, têm-se que a resistência inicial é 16% menor e a final, 42%;
- c) mesmo com os decréscimos das resistências de aderência à tração ao passar o tempo de estabilização, a argamassa atenderia a NBR 13528 (ABNT, 2010) pois as resistências permaneceram superiores aos 0,3 MPa solicitados para um revestimento externo;
- d) o teor de umidade dos revestimentos não foi afetado variando as aplicações com o tempo estabilização, sendo que o mesmo manteve-se num valor em torno de 1,5%;
- e) a forma de ruptura das aplicações iniciais foram totalmente na argamassa em si, e conforme o tempo de estabilização foi passando as rupturas começaram a prevalecer na interface argamassa/chapisco. Isto se deve à perda de consistência da argamassa no estado fresco, a qual não conseguiu ancorar-se adequadamente ao substrato.

As informações aqui apresentadas demonstram que a argamassa estabilizada por 72 horas para revestimentos estudada neste trabalho obteve, de forma geral, bons resultados tanto para os ensaios no estado fresco quando para o endurecido, bem como para o revestimento

argamassado em si, mesmo havendo variações significativas durante o seu tempo de estabilização. De todos os ensaios apresentados do estado endurecido somente um não teve mudanças significativas em seus valores, sendo ele o teor de umidade nos revestimentos. Levando em consideração a dispersão de alguns resultados que não apresentaram comportamentos lógicos, destaca-se a necessidade de criar métodos de ensaio mais específicos e cuidadosos, afim de diminuir a variabilidade no que diz respeito às argamassas estabilizadas, pois sabe-se que são produtos bastante “sensíveis” e necessitam de resultados mais consistentes, os quais somente poderão ser obtidos através de novas normativas de ensaios. Também é de suma importância o estudo das argamassas estabilizadas comercializadas no território nacional, afim de traçar comportamentos e catalogar mais conhecimento para este assunto que permanece até hoje tão pouco aprofundado.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Algumas questões foram levantadas ao decorrer deste trabalho, sendo que ficaram como sugestões para trabalhos futuros, sendo elas:

- a) realizar um comparativo entre teor de ar incorporado no estado fresco e índice de vazios no estado endurecido;
- b) comparar o mesmo traço de argamassa estabilizada, utilizando os mesmos materiais, variando o método de armazenamento, com e sem película de água;
- c) propor traços e métodos de dosagem para argamassas estabilizadas;
- d) avaliar o desempenho de diferentes aditivos estabilizadores num mesmo traço de argamassa;
- e) avaliar o índice de consistência da argamassa variando o teor de aditivo estabilizados e incorporador de ar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, N. J. D. **Avaliação dos Aditivos Incorporadores de Ar em Argamassas de Revestimento**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil. Universidade de Brasília, Brasília. DF. 2002.

ANDEREGG, F. O. **The effect of brick absorption characteristics upon mortar properties**. ASTM Proceedings 42 (1942) 821 p.

ANDRADE, D. C.; ARRIAGADA N. T.; CASALI, J. M.; MANN NETO A. A. **Avaliação das propriedades do estado fresco e endurecido da argamassa estabilizada para revestimento**. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassa, 9, Belo Horizonte. Anais Eletrônicos... Belo Horizonte: ANTAC, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual de revestimentos de argamassa**. 2002.

_____. **NBR NM 67: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

_____. **NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência**. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

_____. **NBR 13277: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água**. Rio de Janeiro: ABNT, 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: ABNT, 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: ABNT, 2005.

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

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

_____. **NBR 15259: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR 15270-1: Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria, Parte 1 - Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

_____. **NBR 15270-2: Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria, Parte 2 – Métodos de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

_____. **NBR 6136:** Blocos vazados de concreto simples para alvenaria. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

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

AZEREDO, H. A. **O edifício e seu acabamento.** Edgar Blücher LTDA. São Paulo, 1990.

BACKELANDT, A. **Etude des mécanismes d'adhésion à l'interface résine/ciment en vue de la réparation des ouvrages de génie civil.** Ecole Doctorale: Matériaux de Lyon, Spécialité: Génie des Matériaux. Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. 2005.

BAÍÁ, L. L. M.; SABBATINI, F. H. **Projeto e execução de revestimento de argamassa.** 4. ed. São Paulo: O nome da Rosa, 2008.

BAUER, E. **Resistência a penetração da chuva em fachadas de alvenaria de materiais cerâmicos: uma análise de desempenho.** 1987. 168 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil / UFRGS, Porto Alegre, 1987.

BAUER, E.; REGUFFE, M.; NASCIMENTO, M. L. M.; CALDAS, L. R. **Requisitos das argamassas estabilizadas para revestimento.** In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 11, Porto Alegre. Anais Eletrônicos... Porto Alegre: ANTAC, 2015.

BAUER, E.; SOUZA, J. G. G.; LARA, P. L. O.; ALVES, N. J. D.; DO Ó, S. W.; PAES, I. N. L.; GONÇALVES, S. R. C.; SANTOS, C. C. N.; RAMOS, D. V. M. **Revestimentos de Argamassa: Características e Peculiaridades.** 2005.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção** – volume 2 – 5ª edição; Rio de Janeiro: LTC, 1994.

BÉLAIR, N. Jr. **Contribution à la mise au point d'une procédure de caractérisation quantitative des surfaces en béton en vue de travaux de réfection.** Maîtrise em Génie Civil. Faculté des Sciences et Génies. Université Laval. Québec. Décembre, 2005.

BIANCHIN, A. C. **Influência do proporcionamento dos materiais constituintes no desempenho de argamassas para reboco de recuperação de alvenarias contaminadas por umidade e sais.** 1999. 138 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil / UFRGS, Porto Alegre, 1999.

BIANCHINI, M.; OLIVEIRA, A. L.; PRUDÊNCIO JR. L. R.; SOUZA, J.; WEIDMANN, D. F. **Avaliação do desempenho de aditivos redutores de água para uso em centrais de concreto: Estudo de caso.** In: Congresso Brasileiro de Concreto, 49, Bento Gonçalves. Anais Eletrônicos... Não Paginado. Bento Gonçalves: IBRACON. 2007.

BOYTON, R. S.; GUTSCHIK, K. A. **Aderência de argamassa e elementos de alvenaria – fatores que influenciam a resistência, extensão e durabilidade da aderência.** Tradução IPT – ABPC. São Paulo, 1964.

BRANDÃO, P. R. G.; CARAVARLHO Jr., A. N., FREITAS, J. M. C. **Relação entre a resistência de aderência de revestimento de argamassa e o perfil de penetração de pasta de aglomerante nos poros do bloco cerâmico.** In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 6, Florianópolis. Anais Eletrônicos... Não Paginado: SBTA, 2005.

CALÇADA, L. M.; CASALI, J. M.; OLIVEIRA, A. L.; PEREIRA, L.; SOUZA R. A. **Influência das características do molde e da superfície do concreto nas propriedades da argamassa estabilizada.** In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 10, Fortaleza. Anais Eletrônicos... Não Paginado. Fortaleza: ANTAC, 2013.

CARASEK, H. **Aderência de argamassa à base de cimento Portland a substratos porosos: avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo de ligação.** 1996. 285 f. Tese (Doutorado em engenharia) – Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Construção Civil. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

CARASEK, H.; CARVALHO, D. P.; MOHAMED, G. STOLZ, C. M. **Análise da interface entre blocos cerâmicos e argamassas de chapisco.** In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassa, Salvador. Anais Eletrônicos... São Paulo: 2017.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; CINCOTTO, M. A.; DJANIKIAN, J. G. **Microestrutura da Interface Argamassa/Tijolo Cerâmico.** In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassa, Salvador. Anais Eletrônicos... Salvador: 1997.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; SANTOS, M. S. J.; LEMES, N. **Avaliação em obra da resistência superficial de revestimentos de argamassa.** Em: Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, 2011, Yucatán. Anais Eletrônicos... Mérida: ALCONPAT, 2011.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; SCARTEZINI, L. M. B. **Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa.** IV Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas – IV SBTA. UnB/ANTAC. Brasília. 2001.

CARNEIRO, A. M. P. **Contribuição ao estudo da influência do agregado nas propriedades de argamassas compostas a partir de curvas granulométricas.** São Paulo, 1999. 170p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo.

CASALI, J. M. et al. **Avaliação das propriedades do estado fresco e endurecido da argamassa estabilizada para revestimento.** In: IX Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas. Belo Horizonte: 2011.

CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CARASEK, H. **Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio.** Instituto de Pesquisas Tecnológicas, n. 2378, São Paulo, 1995.

DACHERY, M. **Avaliação das propriedades da argamassa estabilizada para revestimento externo: aplicação em diferentes substratos, durante diferentes períodos de utilização.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade UNIVATES, Lajeado, 2015.

DARÉ, M. E.; DE SOUZA, V. da S. **Estudo comparativo da produtividade de mão de obra entre os revestimentos internos de paredes com argamassas confeccionadas *in loco* e com argamassas estabilizadas**. 2014. Trabalho de diplomação (Graduação em Engenharia Civil. Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, SC. 2014.

GALLEGOS, H. **Adhesión entre el mortero y las unidades de albañilería**. I Simpósio Brasileiro de Tecnología das Argamassas. UFG/ANTAC. Goiania, 1995. p. 117 – 133.

GARBACZ, A.; Courard, L.; Kostana, K. **Characterization of concrete surface roughness and its relation to adhesion in repair systems**. *Materials Characterization*, Vol. 56, 2006. p. 281-289.

GEYER, R. M. T. **Influência do choque térmico na aderência de azulejos ao substrato**. Porto Alegre, CPGEC/UFRGS, 1994.

GONÇALVES, S. R. de C. **Variabilidade e fatores de dispersão da resistência de aderência nos revestimentos em argamassa – Estudo de caso**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Estrutura e Construção Civil. Universidade de Brasília. Brasília. 2004.

GRIMM, C.T.; HOUSTON, J.T. **Structural significance of brick water absorption**. In: *Masonry: past and present*, American Society for Testing Materials, 1975. p.272-289. (ASTM Special Technical Publication, 589).

GUIMARÃES, J. E. P. **A Cal: Fundamentos e Aplicações na Engenharia Civil**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1997.

GUIMARÃES, J. E. P. **A Cal: Fundamentos e Aplicações na Engenharia Civil**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2002.

INTERNATIONAL UNION OF TESTING AND RESEARCH LABORATORIES FOR MATERIALS AND STRUCTURE – RILEM. **Rilem recommendations MR1-21 – Testing methods of mortars and renderings**. France, RILEM, 1982.

ISAIA, G.C., **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais – volumes 1 e 2 – 2ª edição**; São Paulo: IBRACON, 2007.

JANTSCH, A. C. A. **Análise da permeabilidade de argamassas estabilizadas submetidas a tratamento superficial com aditivos cristalizantes**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil / UFSM, Santa Maria). 2015

JAWOROSKI, H. C. **Estudo experimental em alvenaria estrutural: resistência à compressão e resistência de aderência**. 1990. 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil / UFRGS, Porto Alegre). 1990.

JAWOROSKI, H. C.; CAMPAGNOLO, J. L. **Aderência de argamassas de assentamento para alvenaria estrutural**. In: ENCONTRO NACIONAL DA CONSTRUÇÃO, 10., 1990, Gramado. Anais... Gramado: SERGS, 1990. P331-348

JOISEL, A. **Fissuras y grietas em morteiros y hormigones: sus causas y remedios**. 5. Ed. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1981.

JUNIOR, E. L.F.; CAMARINI, G. **Porosidade da pasta de concretos e argamassas: uma revisão crítica dos métodos de avaliação.** In: 45º Congresso Brasileiro do Concreto – 45º CBC. Recife, 2003:

KAMPF, L. **Workability of masonry mortars.** Materials Research & Standards, Easton, n.1, v.1, p.7-8, jan. 1961.

KAZMIERCZAK, C. de S.; BREZEZINSKI, D. E.; COLLATO, D. **Influência o tipo e preparo de substrato na resistência de aderência à tração e na distribuição de poros de uma argamassa industrializada.** In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassa, VIII, Curitiba. Anais Eletrônicos... Curitiba: 2009.

KAZMIERCZAK, C. S. **Desempenho de paredes de materiais cerâmicos a penetração de água da chuva: uma análise de fatores condicionantes.** 1989. 127 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil / UFRGS, Porto Alegre, 1989.

KEBHARD, J. M.; KAZMIERCZAK, C. S. **Avaliação do comportamento de uma argamassa estabilizada ao longo de seu tempo de estabilização.** In: XII Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas. São Paulo: 2017. Anais eletrônicos.

LARA, D. et al. **Dosagem das Argamassas.** In: I Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas. Goiânia, 1995. Anais. pg. 63-72.

MACIEL, L. L.; BARROS, M. M. S.; SABBATINI, F. H. **Recomendações para a execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e tetos.** São Paulo. 1998, 36p.

MACIOSKI, G. **Avaliação do comportamento de argamassas estabilizadas para revestimento.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

MOURA, C. B. **Aderência de Revestimentos Externos de Argamassa em Substrato de Concreto: Influência das Condições de Temperatura e Ventilação na Cura de Chapisco.** 2007, 234 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre, RS.

OLIVEIRA, F. A. L. **Argamassa Industrializada: Vantagens e Desvantagens.** 2006. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo. 2006.

OLIVEIRA, M. B. **Verificação de algumas propriedades de argamassas com saibro da região de Uberlândia para assentamento de tijolos cerâmicos.** São Paulo. 1989, Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, M. L. L. **Influência da adição de fibras de polipropileno em argamassas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

PAGNUSSAT, D. T.; STOLZ, C. M., MASUERO, A. B., KIRCHHEIM, A. P. **Influência da alteração da macro-rugosidade de um substrato de concreto na resistência de aderência de revestimentos de argamassa.** In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassa, IX, Belo Horizonte. Anais Eletrônicos... Belo Horizonte: 2011.

PAES, I. L.; BAUER, E.; CARASEK, H. **Influência da Estrutura de Poros de Argamassas Mistas e de Blocos de Concreto e Cerâmico no Desempenho dos Revestimentos.** In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassa, VI, Florianópolis. Anais Eletrônicos... Florianópolis: 2005.

PAES, I. N. L. **Avaliação do Transporte de Água em Revestimentos de Argamassa nos Momentos Iniciais Pós-Aplicação.** 2004. 242 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Brasília, DF.

POLITO, G.; CARVALHO JR, A. N.; BRANDÃO, GOMES, P. R. **Caracterização Microestrutural da Interface Argamassa Mista/Bloco Cerâmico.** In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 8. 2009, Curitiba, PR.

PRETTO, M. E. J. **Influência da rugosidade gerada pelo tratamento superficial do substrato de concreto na aderência do revestimento de argamassa.** 2007. 261 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

RECENA, F. A. P. **Conhecendo argamassa.** 2º edição; Porto Alegre: EDIPUCRS, 2012. 188 p.

ROSELLO, M. T. V. **Morteros de cimento para albanileria.** Madrid, Instituto Eduardo Torroja, 1976.

RUDUIT, F. R. **Influência da Cura de Chapiscos na Aderência em Substrato de Concreto.** 2009. 177p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, RS.

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

SALVADOR, A. J. **Desempenho de Concretos Bombeáveis Fabricados com Aditivo Estabilizador de Hidratação.** 2011. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Curso de Pós-Graduação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. 2011.

SCARTEZINI, L. M.; CARASEK, H. **Avaliação da perda de água da argamassa fresca para o substrato por sucção capilar.** In: Simpósio Brasileiro De Tecnologia Das Argamassas, São Paulo, Anais... SBTA, 2003

SELMO, S. M. S. **Dosagem de argamassas de cimento Portland e cal para revestimento externo de fachada de edifícios.** São Paulo, EPUSP, 1989. Dissertação de Mestrado.

SCHÄFER, M. **Análise da influência de elevadas temperaturas em revestimento de argamassa.** São Leopoldo, 2015, 137 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Unisinos. São Leopoldo. 2015.

SILVA, F. G. S. S.; BAUER, E. **Avaliação da fissuração em argamassas.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2009, Curitiba. Anais... Paraná: SBTA, 2009.

SILVA, N. G. **Avaliação da retração e da fissuração em revestimentos de argamassa na fase plástica.** 2011. Dissertação (Doutorado em Engenharia/Construção Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

TAHA, M. M. Reda; EI-Dieb, A. S.; Shrive, N. G. **Sorptivity: a reliable measurement for surface absorption of masonry brick units.** Materials and Structures, vol. 34, 2001.

TURRA, G. D. **Contribuições para o estudo de algumas propriedades nos estados fresco e endurecido da argamassa estabilizada por 72 horas.** 2016. 72 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

YOSHIDA, A. T.; BARROS, M. **Caracterização de Argamassas no Estado Fresco: Peculiaridades na Análise de Argamassas Industrializadas.** In: I Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, Goiânia, 1995. Anais. p. 53-62.

**APENDICÊ A – DADOS E RESULTADOS DOS ENSAIOS NOS BLOCOS
CERÂMICOS**

Massa seca e massa úmida por amostra de bloco cerâmico ensaiado		
Amostra	Massa Seca "Ms" (g)	Massa Úmida "Mu" (g)
1	5141,82	5588,10
2	5078,60	5714,68
3	5109,08	5698,10
4	5106,06	5592,17
5	5070,89	5532,93
6	5120,64	5617,42
7	5109,67	5604,23
8	5109,62	5725,94
9	5117,26	5662,11
10	5110,22	5718,56
11	5097,62	5735,48
12	5105,02	5662,79
13	5079,33	5698,94
14	5099,27	5564,46
15	5073,60	5664,70
16	5123,81	5710,02
17	5116,57	5692,11
18	5124,08	5699,25
19	5111,92	5653,74
20	5097,45	5691,98
Média	5105,13	5661,39

Fonte: Elaborado pelo autor.

Massa de absorção de água inicial na face de aplicação do chapisco em função do tempo (g):										
Amostra	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min	7 min	8 min	9 min	10 min
1	5174,51	5190,45	5202,21	5212,10	5221,17	5227,95	5233,19	5237,67	5240,91	5243,95
2	5133,92	5159,84	5179,24	5195,05	5207,18	5215,39	5221,06	5225,38	5229,59	5233,46
3	5161,65	5187,50	5206,31	5221,72	5233,13	5240,32	5245,28	5249,68	5252,72	5256,03
4	5153,67	5175,94	5191,33	5203,26	5211,24	5217,38	5221,56	5224,98	5228,05	5230,31
5	5115,90	5138,61	5157,88	5168,62	5175,16	5179,86	5183,15	5186,37	5189,16	5192,19
6	5165,61	5187,52	5203,19	5214,41	5221,71	5226,74	5230,29	5233,33	5236,18	5238,52
7	5158,91	5181,06	5196,34	5208,13	5216,74	5222,16	5226,41	5230,50	5233,48	5236,15
8	5160,71	5185,68	5204,85	5220,13	5233,48	5243,98	5250,55	5255,21	5259,03	5262,62
9	5167,86	5192,44	5210,34	5223,45	5232,34	5238,34	5243,10	5246,55	5250,13	5253,06
10	5169,97	5198,24	5217,64	5233,29	5243,44	5249,80	5255,54	5259,50	5263,47	5267,07
11	5139,23	5158,40	5173,58	5186,50	5196,98	5206,15	5214,27	5222,39	5227,77	5232,42
12	5154,34	5177,23	5193,40	5206,65	5218,46	5227,71	5234,39	5238,55	5242,04	5245,34
13	5130,33	5154,75	5171,14	5186,10	5197,18	5205,30	5210,97	5215,19	5218,85	5221,95
14	5143,35	5163,26	5177,47	5187,78	5195,47	5200,88	5205,35	5208,76	5211,56	5214,25
15	5130,05	5154,31	5172,42	5187,33	5198,26	5206,22	5212,07	5216,48	5221,00	5224,07
16	5175,94	5200,99	5219,66	5234,26	5246,20	5254,72	5260,34	5264,46	5268,20	5271,38
17	5164,27	5186,58	5204,58	5219,22	5230,09	5237,83	5243,80	5248,58	5252,57	5255,80
18	5171,20	5193,34	5209,75	5222,79	5234,44	5243,73	5250,61	5254,72	5258,33	5262,01
19	5158,56	5179,61	5195,95	5209,35	5219,43	5227,20	5233,02	5236,41	5240,10	5242,68
20	5154,53	5181,68	5199,62	5212,82	5222,40	5229,21	5233,79	5237,45	5240,69	5243,60

Fonte: Elaborado pelo autor.

Aspectos geométricos dos blocos cerâmicos ensaiados									
Amostra	Média paredes externas (mm)	Média paredes internas (mm)	Tamanho médio dos septos (mm)	Desvio em ralação ao esquadro faces "D" (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)	Comprimento (mm)	Planeza das faces "F" (mm)	Área da face de aplicação do chapisco "Ab" (cm ²)
1	11,03	8,03	28,07	1,00	287,30	186,97	138,05	2,00	537,16
2	10,57	7,50	30,79	2,00	287,45	191,80	140,91	0,00	551,33
3	10,56	8,45	29,17	3,00	288,10	190,95	140,73	0,50	550,13
4	10,67	7,38	29,39	1,00	287,57	188,83	139,13	3,00	543,02
5	10,44	7,57	29,72	1,00	284,30	187,84	137,64	1,00	534,03
6	10,55	7,44	29,01	2,00	285,01	188,43	138,77	2,00	537,04
7	10,95	8,59	29,75	1,00	288,02	188,54	138,80	4,00	543,03
8	10,31	7,80	30,25	1,00	288,48	191,24	141,09	1,00	551,69
9	10,90	8,59	29,54	2,00	288,07	190,80	140,26	5,00	549,64
10	10,70	8,26	29,63	0,50	288,85	191,39	140,76	3,00	552,83
11	10,29	8,05	28,26	2,00	289,29	191,21	140,82	2,00	553,15
12	10,96	7,82	28,91	1,00	288,90	189,86	139,62	1,00	548,51
13	10,84	8,28	30,97	0,00	288,08	192,18	140,66	1,00	553,63
14	10,87	7,87	28,57	1,00	283,26	188,54	138,21	5,00	534,06
15	11,08	8,54	29,46	2,00	288,42	190,58	140,59	3,00	549,67
16	12,05	7,62	29,42	3,00	287,83	190,14	140,02	1,00	547,28
17	10,66	7,44	29,86	2,00	289,18	190,64	140,23	2,00	551,29
18	11,20	8,62	28,96	1,00	286,92	189,82	140,06	1,00	544,63
19	11,05	8,04	28,99	1,00	286,56	190,91	140,32	0,50	547,07
20	10,99	7,89	30,16	1,00	289,10	190,98	140,61	1,00	552,12

Fonte: Elaborado pelo autor.

Aspectos geométricos dos blocos cerâmicos ensaiados									
Amostra	Paredes externas (mm):			Paredes internas (mm):			Tamanho septos (mm):		
	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 1	Medida 2	Medida 3
1	10,88	10,90	11,30	8,28	8,15	7,66	29,47	27,68	27,05
2	10,22	11,26	10,24	7,60	7,30	7,61	30,84	31,26	30,28
3	10,88	11,00	9,80	8,52	8,13	8,71	29,86	30,16	27,50
4	10,08	11,40	10,52	7,48	7,08	7,58	29,62	29,98	28,58
5	11,45	10,51	9,37	7,15	7,54	8,01	30,34	30,23	28,60
6	10,99	10,48	10,17	7,46	6,90	7,96	29,83	30,11	27,09
7	10,05	11,09	11,72	9,32	8,82	7,62	28,76	30,20	30,30
8	10,06	10,18	10,70	7,91	7,83	7,65	31,52	29,99	29,24
9	10,03	11,18	11,48	9,15	7,80	8,82	28,59	30,12	29,90
10	10,98	11,05	10,08	8,62	8,03	8,13	30,49	30,05	28,36
11	10,93	10,45	9,48	7,60	7,92	8,64	29,49	28,96	26,33
12	10,93	11,57	10,39	7,23	7,46	8,77	28,49	29,02	29,23
13	11,25	10,68	10,60	8,16	9,46	7,21	30,95	31,21	30,74
14	10,40	11,64	10,56	7,69	7,10	8,83	29,53	29,13	27,05
15	10,21	11,88	11,14	9,10	7,95	8,56	29,21	29,54	29,63
16	11,95	11,78	12,43	7,79	7,38	7,68	29,60	30,01	28,64
17	11,18	10,45	10,35	7,78	7,41	7,14	29,00	30,30	30,28
18	10,99	11,62	10,99	8,68	8,13	9,05	26,22	30,15	30,50
19	10,48	11,05	11,63	7,48	7,63	9,02	29,68	29,13	28,16
20	10,39	11,17	11,40	7,04	7,65	8,98	28,77	30,23	31,47

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE B – DADOS PARA CÁLCULOS DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO

Dosagem		
Material	Quantidade por m³ (g)	Massa específica (g/cm³)
Cimento CP II-F-40	148000	3,110
Pozolana (Cinza <i>fly ash</i>)	70000	2,300
Cal CH-II	20000	2,480
<i>Filler</i> (Cinza <i>fly ash</i>)	20000	2,300
Areia natural fina	1303000	2,620
Tec-Nol (incorporador de ar)	330	1,020
Água potável	265000	1,000

Fonte: Concesul.

Descrição dados	
Massa anidra (g)	1561000
Massa de líquidos (g)	265330
Massa específica da argamassa anidra (g/cm ³)	2,65
Densidade de massa teórica da argamassa (g/cm ³)	2,14

Dados para cálculos da densidade de massa e teor de ar incorporado			
Descrição dos dados	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3
Massa recipiente cheio (g)	719,55	723,32	723,33
Massa recipiente vazio (g)	110,54	110,50	110,67
Volume recipiente (cm ³)	398,29	396,66	398,12

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dados para cálculos de índice de vazios, absorção total e massa específica no estado endurecido				
Descrição do ensaio	Amostra			
	1	2	3	4
Massa seca (g)	410,58	415,88	405,27	417,03
Massa saturada com superfície seca (g)	458,10	468,23	457,78	468,39
Massa saturada na balança hidrostática (g)	211,98	218,30	214,51	219,33
Volume (cm ³)	256,00	256,00	256,00	256,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dados para cálculos de absorção por capilaridade e coeficiente de capilaridade				
Descrição do ensaio	Amostra			
	1	2	3	4
Massa seca ao ar (g)	420,73	427,59	415,25	426,13
Massa após 10 minutos de absorção capilar (g)	422,18	428,87	417,12	427,44
Massa após 15 minutos de absorção capilar (g)	422,40	429,18	417,53	427,69
Massa após 30 minutos de absorção capilar (g)	422,97	429,74	418,33	428,19
Massa após 60 minutos de absorção capilar (g)	423,77	430,55	419,55	428,90
Massa após 90 minutos de absorção capilar (g)	424,39	431,19	420,41	429,63

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE C – DADOS PARA CÁLCULOS DA ARGAMASSA DE CHAPISCO

Dosagem				
Material	Quantidade por m³ (g)	Massa específica (g/cm³)	Descrição dados	
Cimento CP II-F-40	300000	3,110	Massa anidra (g)	1688000
Cal CH-II	30000	2,480	Massa de líquidos (g)	233240
Areia natural fina	1358000	2,620	Massa específica da argamassa anidra (g/cm ³)	2,70
Tec-Nol (incorporador de ar)	240	1,020	Densidade de massa teórica da argamassa (g/cm ³)	2,24
Água potável	233000	1,000		

Fonte: Concesul.

Dados para cálculos da densidade de massa e teor de ar incorporado			
Descrição dos dados	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3
Massa recipiente cheio (g)	773,39	773,57	773,29
Massa recipiente vazio (g)	110,54	110,50	110,67
Volume recipiente (cm ³)	398,29	396,66	398,12

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dados para cálculos de índice de vazios, absorção total e massa específica no estado endurecido				
Descrição do ensaio	Amostra			
	1	2	3	4
Massa seca (g)	460,61	461,23	464,37	459,91
Massa saturada com superfície seca (g)	507,31	509,89	511,40	506,27
Massa saturada na balança hidrostática (g)	258,68	260,50	261,32	257,78
Volume (cm ³)	256,00	256,00	256,00	256,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dados para cálculos de absorção por capilaridade e coeficiente de capilaridade				
Descrição do ensaio	Amostra			
	1	2	3	4
Massa seca ao ar (g)	472,11	474,17	476,22	472,05
Massa após 10 minutos de absorção capilar (g)	472,95	474,85	476,99	472,91
Massa após 15 minutos de absorção capilar (g)	473,07	474,95	477,12	473,05
Massa após 30 minutos de absorção capilar (g)	472,36	474,20	477,36	473,34
Massa após 60 minutos de absorção capilar (g)	473,71	475,58	477,67	473,69
Massa após 90 minutos de absorção capilar (g)	473,96	475,87	477,92	473,99

Fonte: Elaborado pelo autor.

Massa de absorção de água inicial do chapisco aplicado em função do tempo (g)										
Amostra	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min	7 min	8 min	9 min	10 min
1	5433,05	5455,11	5473,00	5489,73	5503,36	5516,23	5526,77	5535,56	5540,50	5545,75
2	5539,98	5565,99	5587,00	5604,22	5617,31	5628,47	5635,24	5638,46	5643,69	5647,28
3	5475,64	5492,99	5507,17	5520,68	5533,15	5543,58	5552,85	5558,83	5565,34	5569,83
4	5500,63	5524,98	5548,28	5564,20	5575,74	5588,00	5598,88	5608,58	5614,99	5620,85
5	5447,42	5474,24	5494,22	5510,11	5522,21	5531,41	5539,29	5546,45	5550,57	5556,55
6	5595,91	5613,47	5628,32	5640,21	5652,22	5660,85	5671,16	5680,14	5688,54	5695,97
7	5573,86	5595,69	5612,57	5624,99	5636,82	5647,56	5655,68	5664,24	5670,86	5675,88
8	5489,16	5509,41	5523,53	5535,90	5548,15	5559,09	5569,69	5576,76	5583,35	5588,49
9	5514,21	5537,13	5558,73	5575,05	5589,51	5602,07	5610,80	5616,74	5622,15	5627,50
10	5469,13	5490,53	5505,72	5519,44	5532,09	5541,75	5551,44	5559,12	5564,34	5570,22
11	5513,77	5534,88	5551,71	5567,05	5580,13	5590,65	5601,33	5609,72	5616,02	5622,60
12	5460,19	5478,13	5493,03	5503,86	5515,26	5526,20	5535,59	5544,86	5551,44	5556,71
13	5503,26	5519,00	5530,90	5542,37	5553,11	5562,88	5570,75	5579,02	5586,33	5592,72
14	5511,63	5540,33	5560,58	5580,16	5596,07	5607,94	5617,53	5623,13	5628,04	5633,52
15	5458,15	5479,98	5496,55	5510,19	5521,87	5532,31	5541,72	5549,08	5555,57	5561,09
16	5466,43	5492,86	5513,04	5529,27	5543,24	5553,66	5560,00	5566,47	5572,43	5577,18

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE D – DADOS E CÁLCULOS DA ARGAMASSA ESTABILIZADA PARA REVESTIMENTOS NO ESTADO FRESCO

Ensaio de consistência da argamassa estabilizada			
Tempo de estabilização (h)	Descrição	Resultado (mm)	Média (mm)
0	Primeiro Ensaio	230	227
		220	
		232	
	Segundo Ensaio	235	230
		225	
		231	
12	Primeiro Ensaio	217	215
		212	
		215	
	Segundo Ensaio	216	215
		212	
		216	
24	Primeiro Ensaio	214	212
		210	
		213	
	Segundo Ensaio	212	212
		211	
		214	
36	Primeiro Ensaio	202	199
		191	
		205	
	Segundo Ensaio	205	199
		195	
		198	
48	Primeiro Ensaio	200	192
		185	
		192	
	Segundo Ensaio	197	192
		191	
		189	
60	Primeiro Ensaio	185	180
		177	
		179	
	Segundo Ensaio	181	180
		183	
		175	
72	Primeiro Ensaio	180	175
		170	
		175	
	Segundo Ensaio	173	171
		172	
		168	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dados gerais para retenção de água	
Massa da argamassa anidra por m ³ (g)	1619000
Água adicionada à argamassa por m ³ (g)	382840
Fator água/argamassa seca	0,191

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dados para cálculos de retenção de água							
Descrição	Tempo de estabilização (h)						
	0	12	24	36	48	60	72
Massa do conjunto antes da sucção (g)	886,20	889,97	914,14	933,60	925,33	953,61	907,81
Massa do conjunto após sucção (g)	884,75	888,57	912,67	931,25	924,56	952,53	906,90
Massa do conjunto vazio (g)	257,18	258,00	257,35	257,32	257,58	257,73	258,08
Retenção de água (%)	98,79	98,84	98,83	98,18	99,40	99,19	99,27

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dados de entrada para cálculos de densidade de massa no estado fresco e teor de ar incorporado				
Tempo de estabilização (h)	Descrição dados	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3
0	Massa recipiente cheio (g)	707,30	703,45	705,22
	Massa recipiente vazio (g)	110,54	110,50	110,67
	Volume recipiente (cm ³)	398,29	396,66	398,12
12	Massa recipiente cheio (g)	714,52	717,35	715,78
	Massa recipiente vazio (g)	110,54	110,50	110,67
	Volume recipiente (cm ³)	398,29	396,66	398,12
24	Massa recipiente cheio (g)	725,54	724,93	723,42
	Massa recipiente vazio (g)	110,54	110,50	110,67
	Volume recipiente (cm ³)	398,29	396,66	398,12
36	Massa recipiente cheio (g)	731,52	731,91	731,78
	Massa recipiente vazio (g)	110,54	110,50	110,67
	Volume recipiente (cm ³)	398,29	396,66	398,12
48	Massa recipiente cheio (g)	738,12	736,61	738,17
	Massa recipiente vazio (g)	110,54	110,50	110,67
	Volume recipiente (cm ³)	398,29	396,66	398,12
60	Massa recipiente cheio (g)	740,41	739,68	741,02
	Massa recipiente vazio (g)	110,54	110,50	110,67
	Volume recipiente (cm ³)	398,29	396,66	398,12
72	Massa recipiente cheio (g)	742,47	739,67	740,85
	Massa recipiente vazio (g)	110,54	110,50	110,67
	Volume recipiente (cm ³)	398,29	396,66	398,12

Fonte: Elaborado pelo autor.

Descrição dados	
Massa anidra (g)	1619000
Massa de líquidos (g)	382840
Massa específica da argamassa anidra (g/cm ³)	2,65
Densidade de massa teórica da argamassa (g/cm ³)	2,01

Fonte: Elaborado pelo autor.

Resultados dos ensaios de densidade de massa no estado fresco e teor de ar incorporado					
Tempo de estabilização (h)	Descrição resultados	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Média
0	Densidade de massa (kg/m ³)	1498,31	1494,86	1493,39	1495,52
	Teor de ar incorporado (%)	25,61	25,78	25,85	25,75
12	Densidade de massa (kg/m ³)	1516,43	1529,90	1519,92	1522,08
	Teor de ar incorporado (%)	24,71	24,04	24,54	24,43
24	Densidade de massa (kg/m ³)	1544,10	1549,01	1539,11	1544,07
	Teor de ar incorporado (%)	23,34	23,09	23,58	23,34
36	Densidade de massa (kg/m ³)	1559,12	1566,61	1560,11	1561,94
	Teor de ar incorporado (%)	22,59	22,22	22,54	22,45
48	Densidade de massa (kg/m ³)	1575,69	1578,46	1576,16	1576,77
	Teor de ar incorporado (%)	21,77	21,63	21,74	21,71
60	Densidade de massa (kg/m ³)	1581,44	1586,19	1583,32	1583,65
	Teor de ar incorporado (%)	21,48	21,25	21,39	21,37
72	Densidade de massa (kg/m ³)	1586,61	1586,17	1582,89	1585,22
	Teor de ar incorporado (%)	21,22	21,25	21,41	21,29

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE E – DADOS E CÁLCULOS DA ARGAMASSA ESTABILIZADA PARA REVESTIMENTOS NO ESTADO ENDURECIDO

Tração na flexão - Valor P de tempo por tempo de estabilização							
Identificação	0 h	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h
0 h		0,230049	0,064624	0,016692	0,526731	0,512354	0,519939
12 h			0,174828	0,01859	0,57202	0,3406	0,329155
24 h				0,570796	0,135352	0,069194	0,067428
36 h					0,031662	0,005959	0,005714
48 h						0,912654	0,900638
60 h							0,982748

Fonte: Elaborado pelo autor.

Compressão - Valor P de tempo por tempo de estabilização							
Identificação	0 h	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h
0 h		0,02555	0,01703	0,00538	0,00671	0,32208	0,86298
12 h			0,7974	0,02492	0,10534	0,22744	0,01372
24 h				0,02633	0,11312	0,17325	0,00855
36 h					0,08889	0,01446	0,00433
48 h						0,04561	0,00395
60 h							0,24304

Fonte: Elaborado pelo autor.

(continua)

Informações para ensaios no estado endurecido					
Tempo de estabilização (h)	Descrição do ensaio	Amostra			
		1	2	3	4
0	Massa seca (g)	359,11	371,83	380,46	374,59
	Massa saturada com superfície seca (g)	426,05	442,14	451,88	444,50
	Massa saturada na balança hidrostática (g)	197,29	204,74	209,27	205,59
	Volume (cm ³)	256,00	256,00	256,00	256,00
12	Massa seca (g)	393,40	390,64	388,63	385,33
	Massa saturada com superfície seca (g)	460,11	459,44	456,06	449,02
	Massa saturada na balança hidrostática (g)	213,90	214,95	213,08	209,01
	Volume (cm ³)	256,00	256,00	256,00	256,00
24	Massa seca (g)	386,67	392,09	388,30	398,71
	Massa saturada com superfície seca (g)	453,29	458,58	454,91	470,83
	Massa saturada na balança hidrostática (g)	212,95	214,95	213,99	224,19
	Volume (cm ³)	256,00	256,00	256,00	256,00
36	Massa seca (g)	411,96	402,62	399,55	409,21
	Massa saturada com superfície seca (g)	479,39	465,32	463,52	475,01
	Massa saturada na balança hidrostática (g)	226,80	219,30	219,00	224,04
	Volume (cm ³)	256,00	256,00	256,00	256,00

(conclusão)

Tempo de estabilização (h)	Descrição do ensaio	Amostra			
		1	2	3	4
48	Massa seca (g)	397,87	397,49	400,42	400,13
	Massa saturada com superfície seca (g)	464,81	462,90	468,62	466,64
	Massa saturada na balança hidrostática (g)	223,08	221,50	226,05	224,27
	Volume (cm ³)	256,00	256,00	256,00	256,00
60	Massa seca (g)	404,36	411,43	399,33	397,49
	Massa saturada com superfície seca (g)	471,93	474,24	463,82	459,84
	Massa saturada na balança hidrostática (g)	228,11	227,40	224,01	220,80
	Volume (cm ³)	256,00	256,00	256,00	256,00
72	Massa seca (g)	416,87	411,51	410,54	409,82
	Massa saturada com superfície seca (g)	485,35	482,93	478,88	480,11
	Massa saturada na balança hidrostática (g)	236,55	236,22	232,90	235,00
	Volume (cm ³)	256,00	256,00	256,00	256,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

(continua)

Resultados do estado endurecido da argamassa estabilizada						
Tempo de estabilização (h)	Descrição do ensaio	Amostra				Média
		1	2	3	4	
0	Absorção de água total (%)	18,64	18,91	18,77	18,66	18,75
	Índice de vazios no estado endurecido (%)	29,26	29,62	29,44	29,26	29,39
	Massa específica da amostra seca (kg/m ³)	1569,81	1566,26	1568,20	1567,91	1568,04
	Massa específica da amostra saturada (kg/m ³)	1862,43	1862,43	1862,58	1860,53	1861,99
	Massa específica real no estado endurecido (kg/m ³)	2219,19	2225,33	2222,44	2216,51	2220,87
12	Absorção de água total (%)	16,96	17,61	17,35	16,53	17,11
	Índice de vazios no estado endurecido (%)	27,09	28,14	27,75	26,54	27,38
	Massa específica da amostra seca (kg/m ³)	1597,82	1597,77	1599,43	1605,47	1600,13
	Massa específica da amostra saturada (kg/m ³)	1868,77	1879,18	1876,94	1870,84	1873,93
	Massa específica real no estado endurecido (kg/m ³)	2191,64	2223,46	2213,79	2185,40	2203,57

(continuação)

Resultados do estado endurecido da argamassa estabilizada						
Tempo de estabilização (h)	Descrição do ensaio	Amostra				Média
		1	2	3	4	
24	Absorção de água total (%)	17,23	16,96	17,15	18,09	17,36
	Índice de vazios no estado endurecido (%)	27,72	27,29	27,65	29,24	27,97
	Massa específica da amostra seca (kg/m ³)	1608,85	1609,37	1611,74	1616,57	1611,63
	Massa específica da amostra saturada (kg/m ³)	1886,04	1882,28	1888,22	1908,98	1891,38
	Massa específica real no estado endurecido (kg/m ³)	2225,82	2213,45	2227,64	2284,61	2237,88
36	Absorção de água total (%)	16,37	15,57	16,01	16,08	16,01
	Índice de vazios no estado endurecido (%)	26,70	25,49	26,16	26,22	26,14
	Massa específica da amostra seca (kg/m ³)	1630,94	1636,53	1634,02	1630,51	1633,00
	Massa específica da amostra saturada (kg/m ³)	1897,90	1891,39	1895,63	1892,70	1894,40
	Massa específica real no estado endurecido (kg/m ³)	2224,89	2196,27	2212,96	2209,92	2211,01
48	Absorção de água total (%)	16,82	16,46	17,03	16,62	16,73
	Índice de vazios no estado endurecido (%)	27,69	27,10	28,12	27,44	27,59
	Massa específica da amostra seca (kg/m ³)	1645,93	1646,60	1650,74	1650,91	1648,54
	Massa específica da amostra saturada (kg/m ³)	1922,85	1917,56	1931,90	1925,32	1924,41
	Massa específica real no estado endurecido (kg/m ³)	2276,27	2258,59	2296,38	2275,28	2276,63

(conclusão)

Resultados do estado endurecido da argamassa estabilizada						
Tempo de estabilização (h)	Descrição do ensaio	Amostra				Média
		1	2	3	4	
60	Absorção de água total (%)	16,71	15,27	16,15	15,69	15,95
	Índice de vazios no estado endurecido (%)	27,71	25,45	26,89	26,08	26,53
	Massa específica da amostra seca (kg/m ³)	1658,44	1666,79	1665,19	1662,86	1663,32
	Massa específica da amostra saturada (kg/m ³)	1935,57	1921,24	1934,11	1923,69	1928,66
	Massa específica real no estado endurecido (kg/m ³)	2294,24	2235,67	2277,72	2249,65	2264,32
72	Absorção de água total (%)	16,43	17,36	16,65	17,15	16,90
	Índice de vazios no estado endurecido (%)	27,52	28,95	27,78	28,68	28,23
	Massa específica da amostra seca (kg/m ³)	1675,52	1667,99	1669,00	1671,98	1671,12
	Massa específica da amostra saturada (kg/m ³)	1950,76	1957,48	1946,82	1958,75	1953,46
	Massa específica real no estado endurecido (kg/m ³)	2311,83	2347,60	2311,08	2344,24	2328,69

Fonte: Elaborado pelo autor.

Absorção total - Valor P de tempo por tempo de estabilização							
Identificação	0 h	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h
0 h		0,00054	0,00168	4,37939E-06	6,844E-06	0,00012	0,000171283
12 h			0,50316	0,008613209	0,2066766	0,02492	0,523037893
24 h				0,004071027	0,067241	0,01247	0,211338008
36 h					0,0125649	0,88105	0,016997905
48 h						0,05831	0,541022486
60 h							0,046969878

Fonte: Elaborado pelo autor.

Índice de vazios - Valor P de tempo por tempo de estabilização							
Identificação	0 h	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h
0 h		0,00148	0,01807	1,69615E-05	0,000228	0,00123	0,016737725
12 h			0,32874	0,0286733	0,6373947	0,21202	0,134881111
24 h				0,01035244	0,451436	0,07005	0,656406969
36 h					0,0045647	0,50244	0,002616111
48 h						0,09757	0,161261816
60 h							0,029863667

Fonte: Elaborado pelo autor.

Massa específica endurecida real - Valor P de tempo por tempo de estabilização							
Identificação	0 h	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h
0 h		0,10929	0,3288	0,16197698	0,0004235	0,01764	4,11365E-05
12 h			0,10941	0,51511199	0,0008421	0,00908	8,67929E-05
24 h				0,163872372	0,0708157	0,24871	0,002881163
36 h					0,0005131	0,0104	5,27595E-05
48 h						0,45316	0,006180045
60 h							0,008181632

Fonte: Elaborado pelo autor.

(continua)

Informações para ensaio de absorção por capilaridade e coeficiente de capilaridade					
Tempo de estabilização (h)	Descrição do ensaio	Amostra			
		1	2	3	4
0	Massa seca ao ar (g)	368,88	383,83	391,75	384,14
	Massa após 10 minutos de absorção capilar (g)	371,42	386,36	394,16	387,31
	Massa após 15 minutos de absorção capilar (g)	371,87	386,75	394,51	387,71
	Massa após 30 minutos de absorção capilar (g)	373,03	387,62	395,44	388,78
	Massa após 60 minutos de absorção capilar (g)	374,65	389,07	396,98	390,28
	Massa após 90 minutos de absorção capilar (g)	375,94	390,20	398,17	391,43
12	Massa seca ao ar (g)	406,26	403,72	400,41	397,37
	Massa após 10 minutos de absorção capilar (g)	409,66	406,60	403,15	399,98
	Massa após 15 minutos de absorção capilar (g)	410,20	407,07	403,61	400,39
	Massa após 30 minutos de absorção capilar (g)	411,68	408,38	404,87	401,45
	Massa após 60 minutos de absorção capilar (g)	413,85	410,34	406,72	403,01
	Massa após 90 minutos de absorção capilar (g)	414,57	411,79	408,18	404,29
24	Massa seca ao ar (g)	399,59	404,22	400,31	411,13
	Massa após 10 minutos de absorção capilar (g)	402,71	407,26	403,27	414,36
	Massa após 15 minutos de absorção capilar (g)	403,20	407,67	403,67	414,92
	Massa após 30 minutos de absorção capilar (g)	404,44	408,85	404,88	416,29
	Massa após 60 minutos de absorção capilar (g)	406,20	410,72	406,61	418,28
	Massa após 90 minutos de absorção capilar (g)	407,53	412,09	407,94	419,81

(conclusão)

Informações para ensaio de absorção por capilaridade e coeficiente de capilaridade					
Tempo de estabilização (h)	Descrição do ensaio	Amostra			
		1	2	3	4
36	Massa seca ao ar (g)	424,96	415,01	412,12	423,80
	Massa após 10 minutos de absorção capilar (g)	427,41	417,17	414,62	425,76
	Massa após 15 minutos de absorção capilar (g)	428,00	417,64	415,13	426,06
	Massa após 30 minutos de absorção capilar (g)	428,97	418,49	416,15	426,89
	Massa após 60 minutos de absorção capilar (g)	430,61	419,97	417,86	427,98
	Massa após 90 minutos de absorção capilar (g)	431,90	421,15	419,15	428,92
48	Massa seca ao ar (g)	408,54	411,48	411,41	412,12
	Massa após 10 minutos de absorção capilar (g)	411,11	414,14	413,79	414,43
	Massa após 15 minutos de absorção capilar (g)	411,62	414,64	414,22	414,82
	Massa após 30 minutos de absorção capilar (g)	412,62	415,85	415,26	415,83
	Massa após 60 minutos de absorção capilar (g)	414,16	417,64	416,81	417,28
	Massa após 90 minutos de absorção capilar (g)	415,31	419,01	418,05	418,43
60	Massa seca ao ar (g)	416,31	420,44	411,48	407,10
	Massa após 10 minutos de absorção capilar (g)	420,07	423,33	414,61	410,06
	Massa após 15 minutos de absorção capilar (g)	420,74	423,70	415,09	410,47
	Massa após 30 minutos de absorção capilar (g)	422,04	424,68	416,22	411,45
	Massa após 60 minutos de absorção capilar (g)	423,70	425,95	417,77	412,80
	Massa após 90 minutos de absorção capilar (g)	424,85	427,02	418,81	413,69
72	Massa seca ao ar (g)	428,23	422,93	422,13	421,13
	Massa após 10 minutos de absorção capilar (g)	430,88	426,60	425,50	424,38
	Massa após 15 minutos de absorção capilar (g)	431,55	427,23	426,21	425,09
	Massa após 30 minutos de absorção capilar (g)	432,99	428,95	427,73	426,78
	Massa após 60 minutos de absorção capilar (g)	434,98	431,44	429,82	429,17
	Massa após 90 minutos de absorção capilar (g)	436,50	433,25	431,31	430,78

Fonte: Elaborado pelo autor.

(continua)

Resultados dos ensaios de absorção por capilaridade e coeficiente de capilaridade						
Tempo de estabilização (h)	Descrição do ensaio	Amostra				Média
		1	2	3	4	
0	Absorção de água por capilaridade aos 10 minutos (g/cm^2)	0,16	0,16	0,15	0,20	0,17
	Absorção de água por capilaridade aos 90 minutos (g/cm^2)	0,44	0,40	0,40	0,46	0,42
	Coeficiente de capilaridade ($g/dm^2 \cdot min^{1/2}$)	4,52	3,84	4,01	4,12	4,12
12	Absorção de água por capilaridade aos 10 minutos (g/cm^2)	0,21	0,18	0,17	0,16	0,18
	Absorção de água por capilaridade aos 90 minutos (g/cm^2)	0,52	0,50	0,49	0,43	0,49
	Coeficiente de capilaridade ($g/dm^2 \cdot min^{1/2}$)	4,91	5,19	5,03	4,31	4,86

(conclusão)

Resultados dos ensaios de absorção por capilaridade e coeficiente de capilaridade						
Tempo de estabilização (h)	Descrição do ensaio	Amostra				Média
		1	2	3	4	
24	Absorção de água por capilaridade aos 10 minutos (g/cm ²)	0,20	0,19	0,18	0,20	0,19
	Absorção de água por capilaridade aos 90 minutos (g/cm ²)	0,50	0,49	0,48	0,54	0,50
	Coeficiente de capilaridade (g/dm ² .min ^{1/2})	4,82	4,83	4,67	5,45	4,94
36	Absorção de água por capilaridade aos 10 minutos (g/cm ²)	0,15	0,14	0,16	0,12	0,14
	Absorção de água por capilaridade aos 90 minutos (g/cm ²)	0,43	0,38	0,44	0,32	0,39
	Coeficiente de capilaridade (g/dm ² .min ^{1/2})	4,49	3,98	4,53	3,16	4,04
48	Absorção de água por capilaridade aos 10 minutos (g/cm ²)	0,16	0,17	0,15	0,14	0,15
	Absorção de água por capilaridade aos 90 minutos (g/cm ²)	0,42	0,47	0,41	0,39	0,43
	Coeficiente de capilaridade (g/dm ² .min ^{1/2})	4,20	4,87	4,26	4,00	4,33
60	Absorção de água por capilaridade aos 10 minutos (g/cm ²)	0,23	0,18	0,20	0,18	0,20
	Absorção de água por capilaridade aos 90 minutos (g/cm ²)	0,53	0,41	0,46	0,41	0,45
	Coeficiente de capilaridade (g/dm ² .min ^{1/2})	4,78	3,69	4,20	3,63	4,08
72	Absorção de água por capilaridade aos 10 minutos (g/cm ²)	0,17	0,23	0,21	0,20	0,20
	Absorção de água por capilaridade aos 90 minutos (g/cm ²)	0,52	0,65	0,57	0,60	0,58
	Coeficiente de capilaridade (g/dm ² .min ^{1/2})	5,62	6,65	5,81	6,40	6,12

Fonte: Elaborado pelo autor.

Absorção por capilaridade aos 10 minutos - Valor P de tempo por tempo de estabilização							
Identificação	0 h	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h
0 h		0,35388	0,05735	0,11387	0,37392	0,09339	0,08204
12 h			0,36211	0,02462	0,06686	0,33229	0,2792
24 h				0,00107	0,00089	0,65333	0,53057
36 h					0,20844	0,008	0,0081
48 h						0,01659	0,01647
60 h							0,86955

Fonte: Elaborado pelo autor.

Absorção por caliparidade aos 90 minutos - Valor P de tempo por tempo de estabilização							
Identificação	0 h	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h
0 h		0,04177	0,00842	0,37618	0,9392	0,39249	0,0019
12 h			0,51405	0,03477	0,05343	0,39349	0,02359
24 h				0,01349	0,01214	0,1848	0,03453
36 h					0,36301	0,18723	0,00263
48 h						0,42973	0,0023
60 h							0,01602

Fonte: Elaborado pelo autor.

Coeficiente de capilaridade - Valor P de tempo por tempo de estabilização							
Identificação	0 h	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h
0 h		0,02199	0,01087	0,82156	0,40926	0,88098	0,0004
12 h			0,76049	0,06987	0,09707	0,05451	0,00655
24 h				0,04735	0,05403	0,03453	0,00751
36 h					0,45932	0,93573	0,00203
48 h						0,46065	0,00112
60 h							0,0013

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE F – DADOS E CÁLCULOS DO REVESTIMENTO ARGAMASSADO

Ensaio de resistência à aderência - Tempo de estabilização de 0 horas														
Informações								Forma De Ruptura						
Amostra	D1 (mm)	D2 (mm)	Dméd (mm)	Raio (mm)	Área (mm ²)	Carga (KN)	Tensão (MPa)	Substrato	Subs./ Chapis.	Chapisco	Chap./ Arg	Arg	Arg./ Cola	Cola
1	50,95	50,65	50,80	25,40	2026,83	1,21	0,60				5	95		
2*	50,73	50,71	50,72	25,36	2020,46	1,44	0,71				5	95		
3	49,63	51,27	50,45	25,23	1999,00	1,14	0,57				5	95		
4	51,37	50,34	50,86	25,43	2031,23	1,09	0,54					100		
5	51,00	50,47	50,74	25,37	2021,65	1,16	0,57					100		
6	50,02	51,37	50,70	25,35	2018,46	1,29	0,64					100		
7*	50,00	50,00	50,00	25,00	1963,50	1,42	0,72					90		10
8	51,57	50,48	51,03	25,51	2044,83	1,37	0,67					100		
9	51,07	51,19	51,13	25,57	2053,25	0,98	0,48				5	95		
10	50,74	50,80	50,77	25,39	2024,44	1,20	0,59					100		
11*	51,17	50,90	51,04	25,52	2045,63	1,48	0,72		5		15	80		
12	50,29	51,86	51,08	25,54	2048,84	0,97	0,47					100		

*** Resultados excluídos por falhas no ensaio, rupturas superficiais ou valores distantes da média.**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ensaio de umidade no revestimento - 0h			
Amostra	Peso úmido (g)	Peso seco (g)	Teor de umidade (%)
1	56,16	54,84	2,41
2	49,28	48,89	0,80
3	50,78	50,15	1,26
4	59,64	58,97	1,14

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ensaio de resistência à aderência - Tempo de estabilização de 12 horas														
Informações								Forma De Ruptura						
Amostra	D1 (mm)	D2 (mm)	Dméd (mm)	Raio (mm)	Área (mm ²)	Carga (KN)	Tensão (MPa)	Substrato	Subs./Chapis.	Chapisco	Chap./Arg	Arg	Arg./Cola	Cola
1	51,86	51,57	51,72	25,86	2100,51	1,10	0,52				15	85		
2*	51,78	51,63	51,71	25,85	2099,69	1,83	0,87				10	90		
3*	51,07	51,73	51,40	25,70	2075,00	0,98	0,47		10		15	75		
4	51,25	51,01	51,13	25,57	2053,25	1,53	0,75				15	85		
5	51,00	51,76	51,38	25,69	2073,38	1,00	0,48				20	80		
6	50,90	50,84	50,87	25,44	2032,42	1,23	0,61		20		20	60		
7	51,67	51,44	51,56	25,78	2087,53	1,10	0,53				10	90		
8	51,57	51,84	51,71	25,85	2099,69	1,33	0,63				10	90		
9	51,97	51,62	51,80	25,90	2107,01	1,10	0,52				40	60		
10	51,54	51,57	51,56	25,78	2087,53	1,63	0,78				5	95		
11*	50,00	50,00	50,00	25,00	1963,50	1,93	0,98					100		
12	51,28	51,35	51,32	25,66	2068,14	1,57	0,76				10	90		

*** Resultados excluídos por falhas no ensaio, rupturas superficiais ou valores distantes da média.**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ensaio de umidade no revestimento - 12h			
Amostra	Peso úmido (g)	Peso seco (g)	Teor de umidade (%)
1	60,79	60,04	1,25
2	65,41	64,69	1,11
3	69,89	68,87	1,48
4	40,22	39,65	1,44

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ensaio de resistência à aderência - Tempo de estabilização de 24 horas														
Informações								Forma De Ruptura						
Amostra	D1 (mm)	D2 (mm)	Dméd (mm)	Raio (mm)	Área (mm ²)	Carga (KN)	Tensão (MPa)	Substrato	Subs./Chapis.	Chapisco	Chap./Arg	Arg	Arg./Cola	Cola
1*	50,87	51,16	51,02	25,51	2044,03	0,00	0,00	Falha ao dar pré tensão (100% argamassa)						
2	51,30	50,80	51,05	25,53	2046,83	1,10	0,54					100		
3	51,24	50,80	51,02	25,51	2044,43	1,46	0,71					100		
4	50,04	50,68	50,36	25,18	1991,88	1,19	0,60				20	80		
5	50,91	51,27	51,09	25,55	2050,04	1,56	0,76					100		
6	50,49	50,58	50,54	25,27	2005,74	1,23	0,61			10	20	70		
7	51,20	51,09	51,15	25,57	2054,46	1,39	0,68					100		
8*	50,91	51,11	51,01	25,51	2043,63	0,99	0,48				10	90		
9	51,58	50,76	51,17	25,59	2056,47	1,43	0,70					100		
10*	51,79	50,82	51,31	25,65	2067,33	0,89	0,43		20		60	20		
11	51,10	51,82	51,46	25,73	2079,84	1,58	0,76					100		
12	51,78	52,24	52,01	26,01	2124,54	1,19	0,56				60	40		

*** Resultados excluídos por falhas no ensaio, rupturas superficiais ou valores distantes da média.**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ensaio de umidade no revestimento - 24h			
Amostra	Peso úmido (g)	Peso seco (g)	Teor de umidade (%)
1	42,89	42,37	1,23
2	54,16	53,61	1,03
3	36,82	36,36	1,27
4	49,68	49,14	1,10

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ensaio de resistência à aderência - Tempo de estabilização de 36 horas														
Informações								Forma De Ruptura						
Amostra	D1 (mm)	D2 (mm)	Dméd (mm)	Raio (mm)	Área (mm ²)	Carga (KN)	Tensão (MPa)	Substrato	Subs./Chapis.	Chapisco	Chap./Arg	Arg	Arg./Cola	Cola
1	50,69	51,18	50,94	25,47	2037,62	1,08	0,53		5		80	15		
2	51,90	51,99	51,95	25,97	2119,23	1,05	0,50				90	10		
3*	50,00	50,00	50,00	25,00	1963,50	1,17	0,60							100
4	51,54	51,36	51,45	25,73	2079,03	1,06	0,51				50	50		
5*	51,47	51,04	51,26	25,63	2063,30	0,00	0,00	Rompeu ao dar pré tensão (100% Interface argamassa/chapisco)						
6	50,94	50,27	50,61	25,30	2011,30	1,29	0,64					100		
7*	51,08	51,37	51,23	25,61	2060,89	1,84	0,89					100		
8	52,17	51,83	52,00	26,00	2123,72	1,54	0,73				40	60		
9	50,53	51,12	50,83	25,41	2028,83	1,22	0,60				30	70		
10	51,84	51,60	51,72	25,86	2100,91	1,36	0,65				90	10		
11	52,04	51,57	51,81	25,90	2107,82	1,40	0,66				60	40		
12	50,00	50,00	50,00	25,00	1963,50	1,19	0,61					100		

* Resultados excluídos por falhas no ensaio, rupturas superficiais ou valores distantes da média.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ensaio de umidade no revestimento - 36h			
Amostra	Peso úmido (g)	Peso seco (g)	Teor de umidade (%)
1	54,2	53,5	1,31
2	69,13	68,21	1,35
3	76,05	74,58	1,97
4	57,47	56,6	1,54

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ensaio de resistência à aderência - Tempo de estabilização de 48 horas														
Informações								Forma De Ruptura						
Amostra	D1 (mm)	D2 (mm)	Dméd (mm)	Raio (mm)	Área (mm ²)	Carga (KN)	Tensão (MPa)	Substrato	Subs./Chapis.	Chapisco	Chap./Arg	Arg	Arg./Cola	Cola
1	51,19	50,98	51,09	25,54	2049,64	1,07	0,52				50	50		
2	50,89	50,78	50,84	25,42	2029,63	1,27	0,63				10	80		
3	50,87	50,73	50,80	25,40	2026,83	1,04	0,51				100			
4	51,59	51,52	51,56	25,78	2087,53	1,04	0,50				90	10		
5*	50,76	51,63	51,20	25,60	2058,48	0,00	0,00	Rompeu ao dar pré tensão (5% Argamassa; 95% Interface argamassa/chapisco)						
6	51,23	51,64	51,44	25,72	2077,82	1,04	0,50				95	5		
7*	50,00	50,00	50,00	25,00	1963,50	1,33	0,68					100		
8	50,47	50,38	50,43	25,21	1997,02	1,31	0,66					100		
9	51,04	51,26	51,15	25,58	2054,86	0,78	0,38				100			
10	50,13	51,55	50,84	25,42	2030,03	0,93	0,46					100		
11*	52,04	51,29	51,67	25,83	2096,45	0,77	0,37		5		95			
12	51,26	51,41	51,34	25,67	2069,75	0,86	0,42				95	5		

*** Resultados excluídos por falhas no ensaio, rupturas superficiais ou valores distantes da média.**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ensaio de umidade no revestimento - 48h			
Amostra	Peso úmido (g)	Peso seco (g)	Teor de umidade (%)
1	54,95	54,29	1,22
2	57,01	56,21	1,42
3	47,23	46,62	1,31
4	59,95	59,13	1,39

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ensaio de resistência à aderência - Tempo de estabilização de 60 horas														
Informações								Forma De Ruptura						
Amostra	D1 (mm)	D2 (mm)	Dméd (mm)	Raio (mm)	Área (mm ²)	Carga (KN)	Tensão (MPa)	Substrato	Subs./Chapis.	Chapisco	Chap./Arg	Arg	Arg./Cola	Cola
1	51,18	50,40	50,79	25,40	2026,04	1,07	0,53				100			
2	50,32	51,36	50,84	25,42	2030,03	1,05	0,52		10		90			
3	50,65	50,93	50,79	25,40	2026,04	0,68	0,34				100			
4	49,63	51,47	50,55	25,28	2006,93	0,73	0,36				60	40		
5	51,58	51,64	51,61	25,81	2091,99	0,71	0,34				100			
6	51,72	50,67	51,20	25,60	2058,48	0,93	0,45				100			
7	50,83	49,91	50,37	25,19	1992,67	0,84	0,42		5		95			
8	50,97	50,72	50,85	25,42	2030,43	0,70	0,34				100			
9*	51,32	51,28	51,30	25,65	2066,93	0,61	0,30				100			
10	51,40	51,61	51,51	25,75	2083,48	1,06	0,51				100			
11	50,30	51,45	50,88	25,44	2032,82	0,93	0,46				100			
12*	50,00	50,00	50,00	25,00	1963,50	1,16	0,59					100		

* Resultados excluídos por falhas no ensaio, rupturas superficiais ou valores distantes da média.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ensaio de umidade no revestimento - 60h			
Amostra	Peso úmido (g)	Peso seco (g)	Teor de umidade (%)
1	60,69	60,1	0,98
2	58,43	57,76	1,16
3	64,7	63,92	1,22
4	70,24	69,35	1,28

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ensaio de resistência à aderência - Tempo de estabilização de 72 horas														
Informações								Forma De Ruptura						
Amostra	D1 (mm)	D2 (mm)	Dméd (mm)	Raio (mm)	Área (mm ²)	Carga (KN)	Tensão (MPa)	Substrato	Subs./Chapis.	Chapisco	Chap./Arg	Arg	Arg./Cola	Cola
1*	50,80	51,68	51,24	25,62	2062,10	0,00	0,00	Rompeu ao dar pré tensão (100% Inteface argamassa.Chapisco)						
2*	50,58	50,07	50,33	25,16	1989,11	1,25	0,63					100		
3	51,63	51,68	51,66	25,83	2095,63	0,60	0,29				100			
4	50,58	51,43	51,01	25,50	2043,23	0,71	0,35		20		80			
5	50,69	51,60	51,15	25,57	2054,46	0,90	0,44				100			
6	50,63	50,47	50,55	25,28	2006,93	0,88	0,44				100			
7	50,54	50,62	50,58	25,29	2009,32	0,97	0,48				100			
8	51,12	50,38	50,75	25,38	2022,85	0,67	0,33				100			
9	50,24	50,84	50,54	25,27	2006,14	0,79	0,39				100			
10	51,09	50,30	50,70	25,35	2018,46	0,71	0,35				50	50		
11	50,26	50,47	50,37	25,18	1992,27	0,67	0,34				100			
12*	50,32	50,87	50,60	25,30	2010,51	1,06	0,53				50	50		

*** Resultados excluídos por falhas no ensaio, rupturas superficiais ou valores distantes da média.**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ensaio de umidade no revestimento - 72h			
Amostra	Peso úmido (g)	Peso seco (g)	Teor de umidade (%)
1	55,67	54,89	1,42
2	68,87	67,92	1,40
3	48,78	48,06	1,50
4	60,15	59,4	1,26

Fonte: Elaborado pelo autor.

ANEXO A – CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS CONSTITUÍNTES DAS ARGAMASSAS, FORNECIDA PELA CONCRETEIRA

Características genéricas dos materiais utilizados nos traços de argamassa pela concreteira				
Material	Tipo	Procedência	Massa específica (kg/dm³)	Material fino % < 0,075 mm
Cimento	CP II-F-40	Itambé	3,110	100
Pozolana	Cinza leve (<i>fly ash</i>)	CGTEE	2,300	75
Cal hidratada	CH-II	Fida	2,480	94
<i>Filler</i>	Cinza leve (<i>fly ash</i>)	CGTEE	2,300	75
Areia natural	Fina	MPG	2,620	1
Areia natural	Média	Vencedora	2,620	1
Aditivo Incorporador de ar	Tec-Nol	Grace	1,020	-
Aditivo Estabilizador	Eco-Tec-Mix	Grace	1,200	-

Fonte: Concretul.

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA			
Peneiras		Massas retidas (g)	
<i>(in - mesh)</i>	(mm)	A. nat. fn.	A. nat. md.
nº 8	2,4		34,3
nº 16	1,2		56,1
nº 30	0,6		93,5
nº 50	0,3	24,5	160,1
nº 100	0,15	332,7	90,4
nº 200	0,075	35,8	11,2
Fundo		0,9	1,5
Soma		393,9	447,1
Peso inicial (g)		393,9	447,1
Peso lavado (g)		393,0	445,6

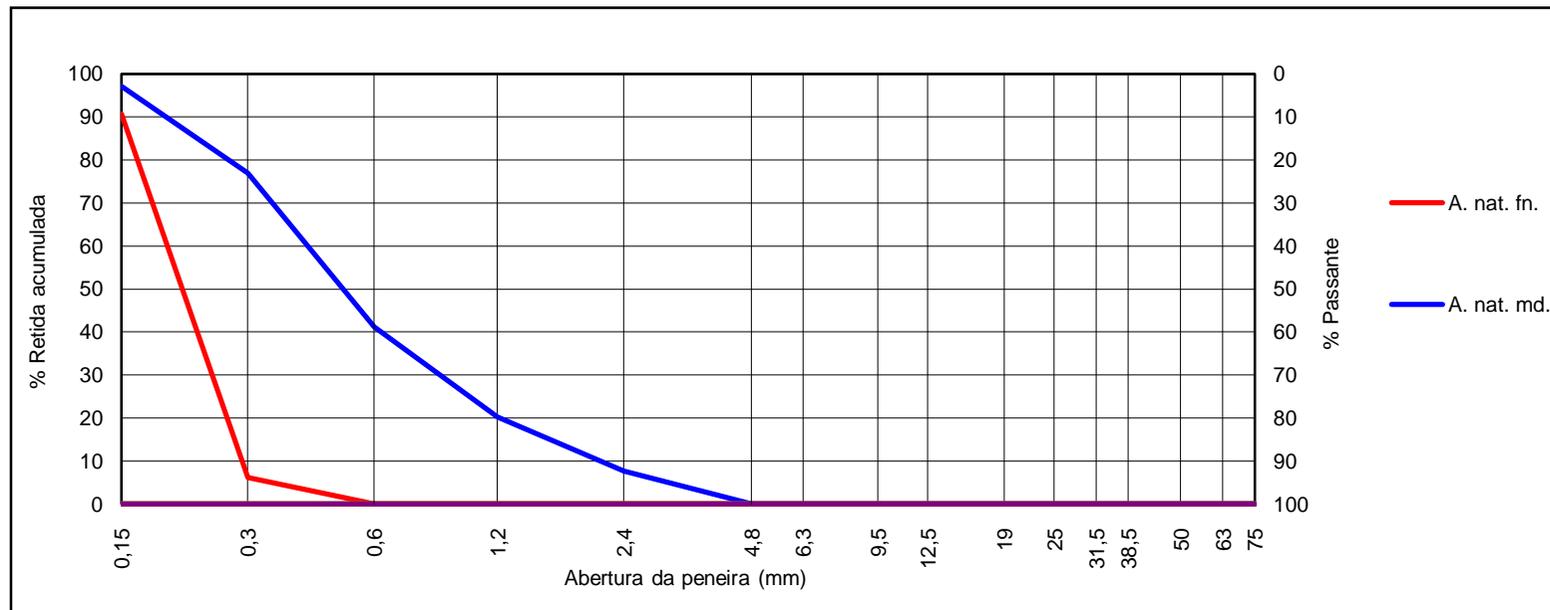
Fonte: Concretul.

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA				
Peneira	% Retida		% Retida acumulada	
	(mm)	A. nat. fn.	A. nat. md.	A. nat. md.
2,4		8		8
1,2		13		20
0,6		21		41
0,3	6	36	6	77
0,15	84	20	91	97
Fundo	9	3	100	100

Fonte: Concretul.

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA		
Descrição	A. nat. fn.	A. nat. md.
Módulo de finura	0,97	2,43
Dimensão máxima característica (mm)	0,6	4,8
Pulverulento (< 0,075 mm) (%)	0,2	0,3
Material fino (< 0,30 mm) (%)	94	23
Massa específica (g/cm ³)	2,62	2,62

Fonte: Concesul.



Fonte: Concesul.

RELATÓRIO DE ENSAIOS DE CIMENTO											TIPO / CLASSE : CP II-F-40				PERÍODO : jun/18						
											EMISSÃO : 01/08/18										
Data	Químicos										Físicos										
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Perda Fogo	CaO Livre	Resid. Insol.	Equiv. Alcal.	Exp. Quente	Tempo de Pega		Cons. Normal	Blaine	# 200	# 325	Resistência à Compressão			
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	mm	h : min	h : min	%	cm ² /g	%	%	1 dia	3 dias	7 dias	28 dias
04	4,13	18,10	2,87	60,97	2,99	3,17	5,21	0,64	1,02	0,67	1,00	03:25	04:15	29,6	4.540	0,06	0,30	22,8	38,1	45,3	53,3
06	4,17	18,44	2,77	61,43	3,22	3,34	5,28	0,67	0,85	0,67	0,50	03:10	04:00	29,6	4.540	0,03	0,30	23,9	37,1	44,8	54,5
08	4,29	18,45	2,83	61,28	3,49	3,18	5,06	0,81	1,02	0,69	1,00	02:50	03:30	29,6	4.540	0,04	0,20	25,7	38,7	45,0	53,7
12	4,28	18,51	2,87	61,62	3,46	3,19	5,18	0,76	1,09	0,68	0,00	03:00	03:45	29,6	4.500	0,06	0,30	25,7	39,0	45,0	54,5
14	4,28	18,45	2,92	61,19	3,38	3,07	5,19	0,67	1,05	0,65	1,00	03:10	04:00	29,8	4.520	0,03	0,20	24,4	38,2	45,8	53,2
18	4,25	19,47	2,80	61,75	3,68	3,23	5,24	0,70	1,05	0,68	0,00	03:15	04:00	29,4	4.490	0,07	0,30	23,5	39,2	45,3	54,5
20	4,10	18,31	2,83	61,75	3,74	3,17	5,08	0,64	1,00	0,74	0,00	03:05	04:00	29,4	4.540	0,05	0,20	24,9	37,0	45,1	52,4
22	4,16	18,01	2,78	60,66	3,31	3,13	5,37	0,67	1,00	0,64	0,50	03:15	04:00	29,4	4.540	0,03	0,20	23,2	37,8	44,1	53,9
26	4,13	17,81	2,90	61,11	3,45	3,22	5,34	0,79	0,94	0,62	0,00	03:15	04:00	29,9	4.530	0,07	0,30	24,0	37,6	44,0	53,2
28	4,18	17,87	2,80	61,26	3,51	3,26	5,25	0,81	0,93	0,64	1,00	03:10	04:00	29,7	4.580	0,06	0,30	24,1	38,8	45,1	52,7
Média	4,20	18,34	2,84	61,30	3,42	3,20	5,22	0,72	1,00	0,67	0,50	03:10	03:57	29,6	4.532	0,05	0,26	24,2	38,1	44,9	53,6
Sd	0,07	0,47	0,05	0,35	0,22	0,07	0,10	0,07	0,07	0,03	0,47	00:10	00:12	0,2	24,86	0,02	0,05	1,0	0,8	0,5	0,8
Min	4,10	17,81	2,77	60,66	2,99	3,07	5,06	0,64	0,85	0,62	0,00	02:50	03:30	29,4	4.490	0,03	0,20	22,8	37,0	44,0	52,4
Max	4,29	19,47	2,92	61,75	3,74	3,34	5,37	0,81	1,09	0,74	1,00	03:25	04:15	29,9	4.580	0,07	0,30	25,7	39,2	45,8	54,5

Obs.: A Norma da ABNT não prevê a determinação da Resistência à Compressão a um dia para o CP II-F-40. A massa específica média do CP II-F-40 ITAMBÉ é 3,08 g/cm³ (NBR 16605). As datas do relatório se referem ao dia de expedição do cimento.

Período	Valores Mínimos - NBR 11576	Valores Médios CP II-F-40 ITAMBÉ
1*	15	24,2
3	25	38,1
7	35	44,9
28	45	53,6

Fonte: Itambé.

Caracterização da cal CH-II	
Análise química	
Descrição	Teor (%)
CaO	47,56
MgO	24,47
Perda ao fogo	16,60
RI	12,85
CO ₂	2,51
Análise física	
Descrição	Teor (%)
Retido #30 (0,600 mm)	0,00
Retido #200 (0,074 mm)	8,21

Fonte: Fida.