



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO  
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

SABRINA CÂMARA DE MORAIS

**AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES DA ARGAMASSA ESTABILIZADA PARA  
REVESTIMENTO EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ESTABILIZAÇÃO**

RECIFE

2020

SABRINA CÂMARA DE MORAIS

**AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES DA ARGAMASSA ESTABILIZADA PARA  
REVESTIMENTO EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ESTABILIZAÇÃO**

Dissertação de mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica de Pernambuco como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador:  
Prof. Livre Docente Alberto Casado  
Lordsleem Jr.

RECIFE

2020

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Universidade de Pernambuco – Recife

M827a           Morais, Sabrina Câmara de  
                  Avaliação de propriedades da argamassa estabilizada  
                  para revestimento em função do tempo estabilização./  
                  Sabrina Câmara de Moraes. – Recife: UPE, Escola  
                  Politécnica, 2020.  
                  125 f. Il.

                  Orientador: Prof. Dr. Alberto Casado Lordsleem Júnior

                  Dissertação (Mestrado - Construção Civil) Universidade  
                  de Pernambuco, Escola Politécnica, Programa de Pós-  
                  Graduação em Engenharia Civil, 2020.

                  1. Argamassa Estabilizada. 2. Propriedades Físicas. 3.  
                  Propriedades Mecânicas. 4. MEV. I. Engenharia Civil –  
                  Dissertação. II. Lordsleem Júnior, Alberto Casado (orient.).  
                  III. Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica,  
                  Mestrado em Construção Civil. IV. Título.

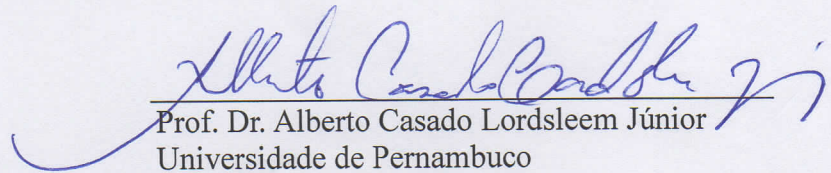
CDD: 690

SABRINA CÂMARA DE MORAIS


**AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES DA ARGAMASSA  
ESTABILIZADA PARA REVESTIMENTO EM FUNÇÃO DO  
TEMPO DE ESTABILIZAÇÃO**

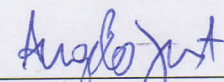
BANCA EXAMINADORA:

**Orientador(a)**

  
Prof. Dr. Alberto Casado Lordsleem Júnior  
Universidade de Pernambuco

**Examinadores**

  
Prof. Dra. Yêda Vieira Póvoas  
Universidade de Pernambuco

  
Prof. Dr. Angelo Just da Costa e Silva  
Universidade Católica de Pernambuco

Recife-PE  
2020

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que esteve comigo em todos os momentos e me ensinou a ser forte nos momentos de dificuldades.

A minha família, que sempre foi a base da minha vida e me incentiva a alçar voos cada vez mais altos.

Ao meu orientador, o Prof. Dr. Alberto Casado Lordsleem Jr, pela contribuição e orientação.

Ao Prof. Dr. Ângelo Just da Costa e Silva e a Profa. Dra. Yêda Vieira Póvoas que gentilmente aceitaram o convite de compor a banca e contribuíram para este trabalho.

Aos Professores do PEC pelos ensinamentos transmitidos.

Ao técnico de laboratório, Fábio, pela assistência na realização dos ensaios e principalmente por ser um bom ouvinte.

As empresas, MRV Engenharia, Supermix e MF Artefatos, por serem solícitos e contribuírem para a realização deste trabalho.

Aos amigos do grupo POLITECH, Júlio, Ramiro e Michelli, pelas contribuições e pelo companheirismo.

Aos amigos do mestrado, em especial a amiga Fernanda Leite, por me auxiliar e fazer companhia na realização dos ensaios e a amiga Karmem Julya por toda a amizade.

A amiga Virginia, por me ajudar, me escutar e opinar nas decisões durante toda a jornada.

A Universidade Federal do Cariri, que contribuiu para que este objetivo fosse alcançado.

## RESUMO

A argamassa estabilizada é apresentada, no cenário atual, como uma opção alternativa para substituir a argamassa convencional e industrializada em suas funções, principalmente por apresentar maior produtividade e controle de dosagem. Neste contexto, este trabalho pretende obter parâmetros de propriedades da argamassa estabilizada ao longo do tempo de estabilização (0 h, 24 h e 36 h) e avaliar seu comportamento em relação aos requisitos das normas existentes para argamassa convencional. A metodologia adotada para atingir os objetivos deste trabalho foi um estudo experimental com argamassas estabilizadas produzidas por dois fornecedores da Região Metropolitana de Recife-PE, por meio de ensaios no estado fresco e endurecido (consistência, densidade de massa e teor de ar incorporado, densidade de massa aparente, resistência à tração na flexão e compressão, módulo de elasticidade dinâmico e resistência de aderência à tração), além da análise morfológica das argamassas no estado endurecido através da microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os resultados demonstram que apesar de serem produzidas na mesma região e possuírem composições semelhantes, as argamassas estabilizadas dos dois fornecedores apresentam diferença significativa em todas as propriedades, com exceção do módulo de elasticidade dinâmico. Destaca-se como conclusão deste estudo que, apesar de cumprir com o requisito de manter-se trabalhável por um longo período, esse tipo de argamassa não mantém suas propriedades estabilizadas nos períodos estudados, como foi observado através de análises estatísticas, evidenciando a necessidade da elaboração de uma norma específica para este tipo de material.

**Palavras-chave:** Argamassa estabilizada. Propriedades físicas. Propriedades mecânicas. MEV.

## ABSTRACT

The stabilized mortar is presented, in the current scenario, as an alternative option to replace the conventional and industrialized mortar in its functions, mainly for presenting greater productivity and strict dosage control. In this context, this work intends to obtain parameters of properties of the mortar stabilized over the stabilization time (0 h, 24 h and 36 h) and to evaluate its behavior in relation to the requirements of the existing standards for conventional mortar. The methodology adopted to achieve the objectives of this work was an experimental study with stabilized mortars produced by two suppliers in the Metropolitan Region of Recife-PE, through tests in the fresh and hardened state (consistency, mass density and incorporated air content, density apparent mass, tensile strength in flexion and compression, dynamic elastic modulus and tensile bond strength), in addition to the morphological analysis of mortars in the hardened state through scanning electron microscopy (SEM). The results demonstrate that despite being produced in the same region and having similar compositions, the stabilized mortars of the two suppliers show a significant difference in all properties, except for the dynamic elastic modulus. It stands out as the conclusion of this study that, despite complying with the requirement to remain workable for a long period of time, this type of mortar does not maintain its properties stabilized in the studied periods, as was observed through statistical analysis, evidencing the need to develop a specific standard for this type of material.

**Keywords:** Stabilized mortar. Physical properties. Mechanical properties. SEM.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma do processo de seleção de estudos.....	30
Figura 2 - Fluxograma do programa experimental.....	40
Figura 3 - Recebimento de argamassa estabilizada em caixa plástica no canteiro de obras ....	42
Figura 4 - Determinação do índice de consistência.....	45
Figura 5 - Determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado .....	47
Figura 6 - Moldagem dos corpos de prova.....	49
Figura 7 – Corpos de prova em condições de cura.....	50
Figura 8 - Determinação da densidade de massa aparente .....	50
Figura 9 - Determinação da absorção de água por capilaridade.....	52
Figura 10 - Ensaio de resistência à tração na flexão.....	54
Figura 11 - Ensaio de resistência à compressão .....	54
Figura 12 - Equipamento de ultrassom.....	56
Figura 13 - Regulagem do equipamento com barra de referência.....	57
Figura 14 - Material utilizado na determinação do módulo de elasticidade dinâmico.....	57
Figura 15 - Ensaio de resistência de aderência à tração .....	59
Figura 16 - Formas de ruptura de um revestimento sem chapisco .....	60
Figura 17 - Processo de recobrimento .....	61
Figura 18 - Microscópio eletrônico de varredura .....	62
Figura 20 - Imagens da argamassa do fornecedor 1 com aumento de 60x: a) moldada às 0 horas; b) moldada às 24 horas; c) moldada às 36 horas .....	101
Figura 21 - Imagens da argamassa do fornecedor 2 como aumento de 60x: a) moldada às 0 horas; b) moldada às 24 horas; c) moldada às 36 horas .....	102
Figura 22 - Imagem da argamassa de referência (sem aditivos), com aumento de 100x.....	103
Figura 23 - Imagem de microfissuras com aumento de 1000x: a) argamassa do fornecedor 1 moldada às 0 horas; b) argamassa do fornecedor 2 moldada às 0 horas .....	103
Figura 24 – Imagem de fissuras na argamassa estabilizada com aumento de 350x.....	104



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação das argamassas .....	21
Quadro 2 - Classificação de argamassas quanto à função .....	22
Quadro 3 - Propriedades esperadas das argamassas nos estados fresco e endurecido .....	24
Quadro 4 - Vantagens e desvantagens da utilização da argamassa estabilizada .....	27
Quadro 5 - Caracterização dos estudos.....	31
Quadro 6 - Comparação entre os traços dos dois fornecedores.....	42
Quadro 7 - Ensaio realizados e normas correspondentes.....	44
Quadro 9 - Análise da região de ruptura dos ensaios de resistência de aderência à tração .....	99

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados de ensaios de consistência .....	32
Tabela 2 - Resultados de ensaios de densidade de massa.....	33
Tabela 3 - Resultados de ensaios de teor de ar incorporado.....	33
Tabela 4 - Resultados de ensaios resistência à tração na flexão e compressão (28 dias).....	34
Tabela 5 - Resultados de ensaios resistência de aderência à tração (28 dias) .....	35
Tabela 6 - Resultados de ensaios de módulo de elasticidade dinâmico (28 dias) .....	36
Tabela 7 - Resultados de ensaios com argamassas no estado fresco.....	37
Tabela 8 - Resultados de ensaios com argamassas no estado endurecido.....	38
Tabela 9 – Requisitos de classificação pela NBR 13281 (ABNT, 2005d) para densidade de massa no estado fresco .....	48
Tabela 10 – Requisitos de classificação pela NBR 13281 (ABNT, 2005d) para densidade de massa aparente no estado endurecido .....	51
Tabela 11 – Requisitos de classificação pela NBR 13281 (ABNT, 2005d) para coeficiente de capilaridade.....	53
Tabela 12 – Requisitos de classificação pela NBR 13281 (ABNT, 2005d) para resistência à tração na flexão.....	55
Tabela 13 – Requisitos de classificação pela NBR 13281 (ABNT, 2005d) para resistência à compressão .....	56
Tabela 14 - Limites de resistência de aderência à tração (Ra) para emboço e camada única ..	60
Tabela 15 - Índice de consistência (mm).....	63
Tabela 16 - Comparação entre consistências médias dos fornecedores - teste t .....	64
Tabela 17 - Comparação entre consistências médias ao longo do tempo - ANOVA.....	65
Tabela 18 - Estudos do índice de consistência ao longo do tempo .....	66
Tabela 19 - Densidade de massa (kg/m <sup>3</sup> ) .....	67
Tabela 20 - Comparação entre as densidades de massa em todos os tempos e entre fornecedores - ANOVA.....	67
Tabela 21 - Resultados de ensaios de densidade de massa.....	69
Tabela 22 - Classificação pela NBR 13281 (ABNT, 2005d) para densidade de massa no estado fresco .....	69
Tabela 23 - Teor de ar incorporado (%) .....	69
Tabela 24 - Comparação entre teores de ar incorporado em todos os tempos e entre fornecedores - ANOVA.....	70

Tabela 25 - Resultados de ensaios de teor de ar incorporado.....	71
Tabela 26 - Resumo das propriedades no estado fresco .....	72
Tabela 27 - Densidade de massa aparente (kg/m <sup>3</sup> ).....	72
Tabela 28 - Comparação entre densidades de massa aparente médias dos fornecedores - teste t .....	73
Tabela 29 - Comparação entre densidades de massa aparente médias ao longo do tempo - ANOVA.....	74
Tabela 30 - Resultados de ensaios de densidade de massa aparente (kg/m <sup>3</sup> ).....	75
Tabela 31 - Classificação pela NBR 13281 (ABNT, 2005d) para densidade de massa aparente no estado endurecido .....	76
Tabela 32 - Absorção de água por capilaridade (g/cm <sup>2</sup> ) e coeficiente de capilaridade (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>12</sup> ).....	76
Tabela 33 - Comparação entre coeficientes de capilaridade médios dos fornecedores - teste t .....	77
Tabela 34 - Comparação entre coeficientes de capilaridade médios ao longo do tempo - ANOVA.....	78
Tabela 35 - Classificação pela NBR 13281 (ABNT, 2005d) para coeficiente de capilaridade.....	79
Tabela 36 – Média da resistência à tração na flexão (MPa).....	80
Tabela 37 - Comparação entre resistências à tração na flexão médias dos fornecedores - teste t .....	80
Tabela 38 - Comparação entre resistências à tração na flexão médias ao longo do tempo - ANOVA.....	81
Tabela 39 - Resultados de ensaios resistência à tração na flexão.....	82
Tabela 40 – Classificação pela NBR 13281 (ABNT, 2005d) para resistência à tração na flexão .....	83
Tabela 41 - Média da resistência à compressão (MPa) .....	90
Tabela 42 - Comparação entre resistências à compressão médias dos fornecedores - ANOVA .....	91
Tabela 43 - Comparação entre resistências à compressão médias ao longo do tempo - ANOVA.....	92
Tabela 44 - Classificação pela NBR 13281 (ABNT, 2005d) para resistência à compressão... ..	93
Tabela 45 - Módulo de elasticidade dinâmico (MPa) .....	94
Tabela 46 - Comparação entre módulos de elasticidade médios dos fornecedores - teste t.....	94

Tabela 47 - Comparação entre módulos de elasticidade médios ao longo do tempo - ANOVA .....	95
Tabela 48 - Resultados de ensaios módulo de elasticidade dinâmico .....	96
Tabela 49 – Média da resistência de aderência à tração (MPa).....	97
Tabela 50 - Comparação entre resistências de aderência à tração médias dos fornecedores - teste t.....	97
Tabela 51 - Comparação entre resistências de aderência à tração médias ao longo do tempo - ANOVA.....	98
Tabela 52 - Resultados de ensaios resistência de aderência à tração .....	99
Tabela 53 - Resumo das propriedades no estado endurecido .....	100
Tabela 54 - Dados obtidos no ensaio de determinação do índice de consistência .....	114
Tabela 55 - Dados obtidos no ensaio de determinação da densidade de massa no estado fresco .....	114
Tabela 56 - Dados obtidos no ensaio de determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido .....	115
Tabela 57 - Dados obtidos no ensaio de determinação da absorção de água por capilaridade .....	116
Tabela 58 - Dados obtidos no ensaio de determinação da resistência à tração na flexão do fornecedor 1 .....	117
Tabela 59 - Dados obtidos no ensaio de determinação da resistência à tração na flexão do fornecedor 2.....	118
Tabela 60 - Dados obtidos no ensaio de determinação da resistência à compressão do fornecedor 1.....	119
Tabela 61 - Dados obtidos no ensaio de determinação da resistência à compressão do fornecedor 2.....	120
Tabela 62 - Dados obtidos no ensaio de determinação da resistência à compressão do fornecedor 2 - Repetição.....	121
Tabela 63 - Dados obtidos no ensaio de determinação do módulo de elasticidade dinâmico do fornecedor 1 .....	122
Tabela 64 - Dados obtidos no ensaio de determinação do módulo de elasticidade dinâmico do fornecedor 2.....	123
Tabela 65 - Dados obtidos no ensaio de determinação da resistência de aderência à tração às 0 hora do fornecedor 1 .....	123

Tabela 66 - Dados obtidos no ensaio de determinação da resistência de aderência à tração às 24 horas do fornecedor 1 .....	124
Tabela 67 - Dados obtidos no ensaio de determinação da resistência de aderência à tração às 36 horas do fornecedor 1 .....	124
Tabela 68 - Dados obtidos no ensaio de determinação da resistência de aderência à tração às 0 hora do fornecedor 2.....	125
Tabela 69 - Dados obtidos no ensaio de determinação da resistência de aderência à tração às 24 horas do fornecedor 2 .....	125
Tabela 70 - Dados obtidos no ensaio de determinação da resistência de aderência à tração às 36 horas do fornecedor 2 .....	126

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comportamento do índice de consistência .....	65
Gráfico 2 - Comportamento da densidade de massa .....	68
Gráfico 3 - Comportamento do teor de ar incorporado .....	71
Gráfico 4 - Comportamento da densidade de massa aparente.....	75
Gráfico 5 - Comportamento da resistência à tração na flexão.....	82
Gráfico 6 - Resultados de resistência à compressão às 0 horas para o fornecedor 1.....	84
Gráfico 7 – Resultados de resistência à compressão às 24 horas para o fornecedor 1 .....	84
Gráfico 8 - Resultados de resistência à compressão às 36 horas para o fornecedor 1.....	85
Gráfico 9 - Resultados de resistência à compressão à 0 hora para o fornecedor 2.....	86
Gráfico 10 - Resultados de resistência à compressão às 24 horas para o fornecedor 2.....	86
Gráfico 11 –Resultados de resistência à compressão às 36 horas para o fornecedor 2.....	87
Gráfico 12 - Resultados de resistência à compressão às 0 horas para o fornecedor 2 – Repetição .....	88
Gráfico 13 - Resultados de resistência à compressão às 24 horas para o fornecedor 2.....	89
Gráfico 14 - Resultados de resistência à compressão às 36 horas para o fornecedor 2 – Repetição .....	89
Gráfico 15 - Comportamento da resistência à compressão .....	92
Gráfico 16 - Comportamento do módulo de elasticidade dinâmico .....	95

## LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

$\alpha$  – Nível de Significância

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AE-F1 – Argamassa estabilizada do fornecedor 1

AE-F2 – Argamassa estabilizada do fornecedor 2

CV – Coeficiente de Variação

DP – Desvio Padrão

DRX – Difração de Raios-X

GL – Grau de Liberdade

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

MQ – Média dos Quadrados

SQ – Soma dos Quadrados

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	17
1.1	Justificativa .....	17
1.2	Objetivos .....	19
1.2.1	<i>Objetivo geral</i> .....	19
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	19
1.3	Estrutura da pesquisa .....	20
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1	Argamassa.....	21
2.2	Revestimento de argamassa .....	23
2.3	Classificação e especificação de argamassas de revestimento – NBR 13281 (ABNT, 2005d) e NBR 13749 (ABNT, 2013).....	24
2.4	Argamassa estabilizada.....	25
2.4.1	<i>Histórico</i> .....	25
2.4.2	<i>Caracterização da argamassa estabilizada</i> .....	26
2.4.3	<i>Aplicações da argamassa estabilizada</i> .....	27
2.4.4	<i>Propriedades da argamassa estabilizada – revisão sistemática</i> .....	28
2.4.5	<i>Comparação entre propriedades das argamassas: convencional, industrializada e estabilizada</i> .....	36
3	MATERIAIS E MÉTODOS .....	40
3.1	Materiais .....	41
3.2	Métodos .....	43
3.2.1	<i>Ensaio no estado fresco</i> .....	45
3.2.1.1	Determinação do índice de consistência .....	45
3.2.1.2	Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado.....	46
3.2.2	<i>Ensaio no estado endurecido</i> .....	48
3.2.2.1	Moldagem, adensamento e cura dos corpos de prova.....	48



3.2.2.2	Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido .....	50
3.2.2.3	Determinação da absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade.....	51
3.2.2.4	Determinação da resistência à tração na flexão e compressão .....	53
3.2.2.5	Determinação do módulo de elasticidade dinâmico .....	56
3.2.2.6	Determinação da resistência de aderência à tração.....	58
3.2.2.7	Microscopia eletrônica de varredura - MEV .....	60
3.3	Análises estatísticas .....	62
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	63
4.1	Propriedades no estado fresco.....	63
4.1.1	<i>Índice de consistência</i> .....	63
4.1.2	<i>Densidade de massa e teor de ar incorporado</i> .....	67
4.1.3	<i>Resumo dos resultados no estado fresco</i> .....	72
4.2	Propriedades no estado endurecido.....	72
4.2.1	<i>Densidade de massa aparente no estado endurecido</i> .....	72
4.2.2	<i>Absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade</i> .....	76
4.2.3	<i>Resistência à tração na flexão e à compressão</i> .....	79
4.2.4	<i>Módulo de elasticidade dinâmico</i> .....	93
4.2.5	<i>Resistência de aderência à tração</i> .....	96
4.2.6	<i>Resumo dos resultados no estado endurecido</i> .....	100
4.2.7	<i>Microscopia eletrônica de varredura (MEV)</i> .....	100
5	CONCLUSÕES.....	105
5.1	Sugestões para trabalhos futuros.....	106
	REFERÊNCIAS .....	107
	APÊNDICE .....	113

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Justificativa

A produção de argamassa no Brasil está passando por processo de desenvolvimento tecnológico com o objetivo de melhorar a qualidade do material, diminuindo os serviços de mão de obra e o tempo de execução (DACHERY, 2015).

Com isso, existem hoje três tipos principais de argamassa de revestimento em função do processo de produção e dos materiais empregados. O mais antigo tipo é a argamassa produzida em obra, onde é utilizada normalmente uma mistura de água, cimento, cal, agregado, podendo ou não ter aditivos. Esse tipo de argamassa tem seu surgimento atrelado ao advento de um novo material, cimento Portland, em 1924 (HENZ, 2009). O segundo tipo de argamassa é a industrializada, surgida na Europa entre 1950 e 1960 (ALMEIDA, 2010), comercializada em sacos, necessitando apenas adicionar água à mistura, estando pronta para o uso. O terceiro tipo é a estabilizada dosada em central, introduzida nos anos 70 na Alemanha (CASALI *et al.*, 2011).

Particularmente, a argamassa estabilizada é produzida em central dosadora, comercializada pronta para o uso, apresentando como principal característica a capacidade de manter suas propriedades no estado fresco por até 72 horas, devido à adição de aditivos incorporadores de ar e estabilizadores de hidratação no seu traço, que é composto por aglomerantes inorgânicos, agregados miúdos e água (ANTONIAZZI *et al.*, 2019).

Após dez anos da sua introdução na Alemanha, foi utilizada pela primeira vez no Canadá em 1980 e nos Estados Unidos em 1982 (SILVA, 2008). No Brasil o primeiro registro da sua utilização foi na Grande São Paulo em 1985 (MARTINS NETO; DJANIKIAN, 1999).

Para promover o aumento do tempo de início de pega são utilizados aditivos incorporadores de ar e aditivos estabilizadores de hidratação. Os aditivos incorporadores de ar agem na plasticidade e os aditivos estabilizadores inibem a reação do cimento enquanto a argamassa estiver saturada de água, que é uma recomendação de armazenamento pelo fabricante, conferindo à argamassa melhor trabalhabilidade e redução do consumo de água de amassamento (CARASEK, 2007).

Pinheiro *et al.* (2019) ressaltam a possibilidade de utilização de outros tipos de aditivos além do incorporador de ar e estabilizador de hidratação, como por exemplo os viscosantes, com a finalidade de melhorar propriedades como a trabalhabilidade e a aderência deste tipo de argamassa. A utilização de um maior número de aditivos possivelmente aumenta as variáveis que podem influenciar nas propriedades dos estados fresco e endurecido da argamassa estabilizada.

A utilização de argamassas estabilizadas tem aumentado cada vez mais. De acordo com Jantsch (2015), em 2007 existiam apenas 12 fábricas, com produção anual de 400 m<sup>3</sup> de argamassa estabilizada no Brasil. Em 2017, no Rio Grande do Sul, das 109 centrais de concreto existentes, 41 produziam argamassa estabilizada, sendo 09 centrais exclusivas deste tipo de argamassa (MASUERO, 2017). Através de pesquisa diretamente com fornecedores, constatou-se que a Região Metropolitana de Recife-PE conta atualmente com 03 (três) empresas para o fornecimento de argamassa estabilizada.

Seu uso é estimulado tanto por objetivar a produtividade quanto por garantir controle em relação à dosagem da argamassa em obra, o que afeta diretamente a qualidade e o custo final do empreendimento (BRAGANÇA; PORTELLA; TREVISOL JR, 2015). O aumento da produtividade é devido, principalmente, a não existência do tempo de espera pela confecção da argamassa no início de todos os dias de trabalho, além de apresentar como vantagem a exigência de menor mão de obra por eliminar essa etapa da produção e a redução de resíduos gerados por não ser necessário inutilizar a argamassa que se encontra pronta ao final do dia de trabalho.

Apesar de todas as vantagens apresentadas sobre a argamassa estabilizada pode-se considerar esse tipo de material como um produto novo e que, por isso, pouco se sabe sobre suas características e desempenho em serviço (JANTSCH, 2015).

Segundo Macioski (2014), existiam poucos estudos em 2014 sobre o comportamento desse tipo de argamassa, quando da utilização de aditivos incorporadores de ar e estabilizadores de hidratação. Turra (2016) afirma que a produção e a utilização da argamassa estabilizada ainda apresentam indefinições quanto ao desempenho a alcançar e à normatização. Machado (2018) constata que as pesquisas relacionadas às propriedades da argamassa estabilizada não acompanham a velocidade com que este novo processo se consolida no mercado. Atualmente,

o número de pesquisas acadêmicas sobre o assunto tem aumentado, como foi observado no XIII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, em que foram publicados 19 artigos sobre argamassa estabilizada. Apesar disso, ressalta-se que apenas 4 destes estudos são realizados no nordeste brasileiro.

Não existe atualmente no Brasil norma técnica que oriente ou informe sobre os procedimentos de fabricação e utilização desse material. Com isso, este trabalho busca contribuir para o desenvolvimento de normas específicas para a fabricação e avaliação de propriedades de argamassas estabilizadas.

Além disso, com este estudo espera-se obter parâmetros de propriedades da argamassa estabilizada utilizada na cidade de Recife, conferir a qualidade do material, avaliar o desempenho dessas propriedades em relação ao cumprimento dos requisitos das Normas existentes para argamassa convencional e comparar com resultados de outros trabalhos característicos de regiões distintas do Brasil.

## **1.2 Objetivos**

### ***1.2.1 Objetivo geral***

Avaliar a influência do tempo de estabilização no comportamento físico, mecânico e microscópico da argamassa estabilizada para revestimento nos estados fresco e endurecido.

### ***1.2.2 Objetivos específicos***

- Apresentar as propriedades da argamassa no estado fresco, como: consistência, massa específica e teor de ar incorporado após 0 hora, 24 horas e 36 horas de sua entrega em obra;
- Apresentar as propriedades da argamassa no estado endurecido, como: densidade de massa aparente, absorção de água por capilaridade, resistência à tração na flexão, resistência à compressão, módulo de elasticidade dinâmico e resistência de aderência à tração, através de corpos de prova moldados após 0 hora, 24 horas e 36 horas de sua entrega em obra;

- Classificar os resultados através das Normas Técnicas Brasileiras NBR 13281 (ABNT, 2005d) e NBR 13749 (ABNT, 2013), que tratam dos requisitos para argamassa de assentamento e revestimento de paredes e tetos, e especificações de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas, respectivamente;
- Comparar os resultados obtidos com os encontrados por outros autores em seus estudos;
- Avaliar, através de microscopia eletrônica de varredura (MEV), as alterações ocorridas na estrutura da argamassa estabilizada no estado endurecido em virtude do tempo de estabilização.

### **1.3 Estrutura da pesquisa**

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos. Este capítulo tem um caráter introdutório, onde é apresentada a justificativa da pesquisa, bem como os objetivos geral e específicos.

No segundo capítulo são abordados os principais aspectos sobre argamassa, revestimentos de argamassa e argamassa estabilizada, dando ênfase ao surgimento, aplicações, caracterização e propriedades da argamassa estabilizada.

No terceiro capítulo, são descritos o programa experimental, a caracterização dos materiais utilizados e as metodologias adotadas para determinação das propriedades das argamassas estudadas.

No quarto capítulo, são apresentados os resultados e discussões divididos conforme as etapas propostas do programa experimental.

No quinto capítulo, são apresentadas as conclusões do estudo e as sugestões para estudos futuros.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Argamassa

Na construção civil um dos materiais mais utilizados é a argamassa. Os primeiros registros de sua utilização são da pré-história, há cerca de 11.000 anos, sendo as argamassas mais antigas à base de cal e areia (CARASEK, 2007).

A argamassa, segundo a NBR 13281 (ABNT, 2005d), é uma mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada).

As argamassas podem ser classificadas, segundo Carasek (2007), de acordo com vários critérios, conforme ilustra o Quadro 1.

**Quadro 1 - Classificação das argamassas**

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

Fonte: Carasek (2007)

De acordo com a mesma autora (CARASEK, 2007), as argamassas também podem ser classificadas de acordo com a sua função, como pode ser visto no Quadro 2.

**Quadro 2 - Classificação de argamassas quanto à função**

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

Fonte: Carasek (2007)

A principal função da argamassa de assentamento é transmitir todas as ações atuantes de forma a solidarizar as unidades, criando uma estrutura única. Outras funções que deve exercer são a acomodação das deformações e a compensação das irregularidades das peças (MOHAMED *et al.*, 2007).

Em especial, para os propósitos deste trabalho, a argamassa de revestimento apresenta como principais funções a proteção das estruturas de concreto e da alvenaria, tornando-a estanque, evitando a degradação dos materiais da construção, contribuindo para o desempenho e durabilidade da obra, além de propiciar benefícios estéticos (BRESSAN; BECKE, 2017; BARRETO, 2014).

A argamassa estabilizada, ou argamassa dosada em central, é empregada na construção civil, principalmente, nas funções de assentamento de alvenaria, revestimento de paredes e contrapiso. Neste trabalho será dado enfoque às argamassas utilizadas com a função de revestimento, sendo sua aplicação semelhante à argamassa de camada única apresentada no Quadro 1.

## 2.2 Revestimento de argamassa

A argamassa, quando na finalidade de revestimento, caracteriza-se como a “proteção de uma superfície porosa com uma ou mais camadas superpostas, com espessura normalmente uniforme, resultando em uma superfície apta a receber de maneira adequada uma decoração final” (ABCP, 2002).

Certas características são esperadas para uma argamassa de revestimento, entre elas estão um bom desempenho de aplicação, durabilidade e obtenção de certas propriedades, tanto no estado fresco como no estado endurecido (BAÍA; SABBATINI, 2008). Só assim, a argamassa consegue desempenhar sua função, que nesse caso, é constituir o acabamento estético da edificação e protegê-la contra as ações do ambiente externo, contribuindo para as exigências de segurança e habitabilidade.

Segundo Carasek (2007), as condições de habitabilidade são melhoradas pelos revestimentos argamassados no aspecto térmico em cerca de 30%, no isolamento acústico em cerca de 50%, e em relação à estanqueidade, o desempenho pode chegar a 100%. Além disso, contribui para a segurança ao fogo, resistência ao desgaste e abalos superficiais.

De acordo com Baía e Sabbatini (2008), para que as argamassas cumpram suas funções adequadamente, é preciso que elas apresentem propriedades específicas tanto no estado fresco quanto no endurecido. A análise destas propriedades e de como são influenciadas pode ajudar a avaliar o comportamento das argamassas em diferentes circunstâncias.

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

Procurando atender às funções das argamassas, Carasek (2007) menciona algumas propriedades essenciais para as mesmas, sendo elas: trabalhabilidade, retração, aderência, permeabilidade à água, resistência mecânica e a capacidade de absorver deformações. Tais propriedades, dentre outras, encontram-se descritas no Quadro 3.



**Quadro 3 - Propriedades esperadas das argamassas nos estados fresco e endurecido**

	<b>Propriedade</b>	<b>Descrição</b>
<b>Estado fresco</b>	Massa específica	Diz respeito à relação entre a massa do material e o seu volume (BAÍA E SABBATINI, 2008).
	Teor de ar incorporado	É a quantidade de ar existente em certo volume de argamassa. O ideal é que a argamassa apresente menor massa específica e maior teor de ar (BAÍA E SABBATINI, 2008).
	Trabalhabilidade	Determina o modo e a facilidade com que a argamassa pode ser misturada, transportada, aplicada, consolidada e acabada em uma condição homogênea (BAÍA E SABBATINI, 2008).
	Consistência	Está associada à capacidade da mistura em resistir ao escoamento. Exprime, quantitativamente, o quão fluida ou rígida está a argamassa. (PRUDÊNCIO Jr.; OLIVEIRA; BEDIN, 2003; CARASEK, 2007).
	Retenção de água	É a habilidade da argamassa de reter a água de amassamento contra a sucção da base ou contra a evaporação (RODRIGUES FILHO, 2013), promovendo hidratação adequada do cimento e ganho da resistência.
	Aderência inicial	Capacidade que a argamassa apresenta para ancorar na superfície da base através da penetração da pasta nos poros, reentrâncias e saliências seguidos do endurecimento gradativo da pasta (BAÍA E SABBATINI, 2008).
	Retração na secagem	Ocorre quando a taxa de evaporação da água superficial é mais rápida que a taxa de hidratação, produzindo força de contração na argamassa, o que ocasiona fissuras (XUE; CAO, 2017).
<b>Estado endurecido</b>	Aderência	Propriedade do revestimento de manter-se fixo ao substrato, oferecendo resistência às tensões normais e tangenciais que surgem na interface base-revestimento (RECENA, 2011)
	Capacidade de absorver deformações	Capacidade do revestimento de suportar tensões sem apresentar fissuras prejudiciais e sem perder a aderência (BAÍA E SABBATINI, 2008).
	Resistência mecânica	Diz respeito à capacidade da argamassa de resistir às tensões de tração, compressão e cisalhamento (CARVALHO JR, 2005).
	Permeabilidade	Está relacionada à passagem de água pela camada de argamassa. O revestimento deve evitar a percolação de água e ser permeável ao vapor (BAÍA E SABBATINI, 2008).
	Durabilidade	Capacidade da argamassa de resistir às ações físicas, químicas e mecânicas decorrentes das intempéries sem afetar as propriedades ao longo do tempo (HERMANN; ROCHA, 2013).

Fonte: Adaptado de Jantsch (2015)

### **2.3 Classificação e especificação de argamassas de revestimento – NBR 13281 (ABNT, 2005d) e NBR 13749 (ABNT, 2013).**

Atualmente a classificação nacional das argamassas de assentamento e de revestimento é desempenhada pela NBR 13281 (ABNT, 2005d) (Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos), que estabelece os requisitos de classificação para as seguintes propriedades: resistência à compressão; densidade de massa aparente no estado endurecido; resistência à tração na flexão; coeficiente de capilaridade; densidade de massa no estado fresco; retenção de água e resistência potencial de aderência à tração.

Da forma como foi elaborada, a NBR 13281 (ABNT, 2005d) apenas classifica as argamassas de assentamento e revestimento, de qualquer natureza e sob qualquer condição de aplicação e uso, não especificando limites máximos ou mínimos de adequabilidade de utilização.

Segundo Bauer *et al.* (2009), dentre os objetivos desta norma encontra-se a possibilidade de que o projetista não especifique mais a argamassa pelo traço, mas sim especifique classes da propriedade que essa argamassa deva atender. Além disso, para argamassas industrializadas, a norma NBR 13281 (ABNT, 2005d) exige que informações sobre o tipo de argamassa (revestimento interno, revestimento externo, assentamento de alvenaria de vedação, etc.) e sobre as classes em que as propriedades se enquadram sejam fornecidas nas embalagens, possibilitando a aquisição do produto de acordo com as especificações exigidas pelo projetista.

Diferentemente da NBR 13281 (ABNT, 2005d), a NBR 13749 (ABNT, 2013) (Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificações) fixa condições exigíveis para que a argamassa de revestimento seja considerada adequada para o recebimento, tendo como critérios: as condições do revestimento, aspecto, espessura, prumo, nivelamento, planeza e aderência.

## **2.4 Argamassa estabilizada**

### **2.4.1 Histórico**

Segundo Nelson *et al.* (1988), a argamassa dosada em central só foi introduzida após o desenvolvimento de aditivos especiais de retardamento, permitindo que a argamassa permanecesse viável por dois ou três dias, na década de 1970 na Alemanha.

O seu desenvolvimento foi motivado por uma crise no setor da indústria da construção civil que ocasionou queda na demanda por concreto usinado, impulsionando as empresas de serviços de concretagem a procurarem uma saída para a crise. Na época foram realizados estudos e pesquisas, mesmo que de forma bastante empírica, sobre o tema, porém poucos foram os registros deixados (MARTINS NETO; DJANIKIAN, 1999).

Em 1985, quando esse tipo de argamassa foi introduzido no Brasil, as construtoras davam plena preferência às argamassas produzidas em obra, visto que os empreiteiros não repassavam às construtoras informações sobre os benefícios de aumento de produtividade e redução de custo da obra devido à utilização da argamassa estabilizada (MARTINS NETO; DJANIKIAN, 1999).

#### **2.4.2 Caracterização da argamassa estabilizada**

Argamassa estabilizada é caracterizada pela capacidade de manter-se trabalhável por até três dias, o que é conseguido empregando estabilizador de hidratação às misturas. Sem o uso de tais aditivos, a argamassa deve ser usada dentro de 2,5 horas após a mistura, devido ao processo de hidratação do cimento (CASALI *et al.*, 2018).

A composição das argamassas estabilizadas, para Matos (2013), é semelhante às industrializadas, porém sem adição de cal à mistura. Normalmente essa argamassa é composta por cimento, agregado miúdo, água potável e aditivos estabilizadores de hidratação e incorporador de ar, podendo conter ainda outros aditivos.

Para que a argamassa estabilizada mantenha suas características adequadas para uso pelo tempo de estabilização, demanda densidade aparente adequada, maior taxa de retenção de água e menor perda de consistência (DAFENG *et al.*, 2017).

Com as características adequadas, a argamassa de mistura pronta tem muitas vantagens em comparação com as outras, mas sem controle de qualidade e monitoramento de produção, a confiança do cliente seria perdida (KHABIRI; SARYAZDI; ELAHIZADEH, 2017).

No Quadro 4 são apresentadas as vantagens alcançadas pelo uso desse tipo de argamassa, como também as desvantagens de seu uso em relação aos outros tipos de argamassas.

#### Quadro 4 - Vantagens e desvantagens da utilização da argamassa estabilizada

<b>Vantagens</b>
1) Aumento da produtividade: evita paradas para aguardar a confecção da argamassa, além do período no início do expediente (LOZOVEY, 2018).
2) Redução de perdas: a argamassa não precisa ser utilizada toda em um dia, evitando que ao final da jornada de trabalho, a sobra seja descartada (LOZOVEY, 2018).
3) Limpeza da obra: reduz os resíduos provenientes da confecção de argamassas em obra, como embalagens de cimento, cal e aditivos, por exemplo (LOZOVEY, 2018).
4) Misturas mais constantes: a dosagem dos materiais é realizada em central, em massa, com maior controle (MATOS, 2013).
5) Reduz a responsabilidade da dosagem em obra (MATOS, 2013).
6) Melhora a logística dentro do canteiro de obra: os recipientes contendo a argamassa podem ser descarregados próximos aos locais de utilização, reduzindo o transporte dentro da obra (MATOS, 2013).
7) Reduz a demanda de mão de obra: pois dispensa o processo de mistura e reduz o transporte dentro do canteiro de obras (MATOS, 2013).
8) Maior precisão no custo da argamassa: devido à dosagem ser mais rigorosa (MATOS, 2013).
9) Elimina a estocagem de materiais como cimento, areia e cal em obra, com consequente ganho de espaço e diminuição do desperdício (NETO; ANDRADE; SOTO, 2010).
<b>Desvantagens</b>
1) É necessário um planejamento preciso da quantidade diária a ser utilizada, evitando que falte argamassa (MATOS, 2013).
2) Maior tempo para adquirir rigidez: o endurecimento da argamassa depende da perda da água de amassamento, seja pela absorção do substrato ou por evaporação, sendo esta reduzida quando a umidade é elevada (MATOS, 2013).
3) Redução ou perda de fluidez da argamassa ao longo do tempo (HERMANN; ROCHA, 2013).
4) Maior tempo de espera para realizar o desempenho da argamassa (HERMANN; ROCHA, 2013).
5) Carência de informações sobre a argamassa estabilizada, principalmente em relação às propriedades das argamassas no estado fresco (TURRA, 2016).
6) Ausência de normatização específica (AUTORA, 2019).
7) Inexistência de controle de recebimento e uso através de ensaios (AUTORA, 2019).
8) Falta de conhecimento aprofundado sobre os efeitos dos aditivos e de suas dosagens (AUTORA, 2019).
9) Possibilidade de alteração de comportamento das propriedades em função das características dos materiais, do tempo e da temperatura (AUTORA, 2019).

Fonte: Autora

#### 2.4.3 Aplicações da argamassa estabilizada

Carasek (2007) afirma que este tipo de argamassa pode ser utilizado em diferentes funções. A diversidade de funções desempenhadas pela argamassa estabilizada é confirmada por fornecedores da Região Metropolitana de Recife (informação verbal<sup>1</sup>), os quais informam que para revestimento (emboço e reboco interno e externo) e assentamento de alvenaria de vedação é utilizada argamassa estabilizada de mesma composição e, consequentemente

<sup>1</sup> Entrevista concedida por João Vítor Barros Protázio, Recife, 2019.

mesmas propriedades. Já a argamassa com função de regularizar piso (contrapiso) apresenta composição específica, geralmente com traço mais rico em cimento e com menor fluidez.

O uso da argamassa estabilizada em aplicações que exijam responsabilidade estrutural (assentamento de alvenaria estrutural, por exemplo) também são possíveis. Porém, para atender às exigências estruturais, esse tipo de argamassa exige maior capacidade de resistência mecânica, tornando-a compatível ao bloco de concreto.

#### ***2.4.4 Propriedades da argamassa estabilizada – revisão sistemática***

Com o objetivo de explorar os efeitos causados pela utilização de aditivos e pelo tempo de estabilização nas propriedades do estado fresco e endurecido da argamassa estabilizada para revestimento, deu-se a elaboração de revisão sistemática baseada nas diretrizes do modelo PRISMA, Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (LIBERATI *et al.*, 2009). A busca dos estudos tratando desta temática aconteceu no mês de fevereiro de 2019 na plataforma do Portal de Periódicos CAPES/MEC (incluindo *JCR*, *SCIELO*, *SCOPUS*, *ICE Proceedings e Journals*, *DRJI*, *DOAJ*) (COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR, 2019); Google Acadêmico e no site do Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas - SBTA (2019).

A pesquisa ocorreu de forma diferenciada para cada plataforma de busca. No Portal de Periódicos CAPES/MEC a pesquisa foi realizada em inglês e usou "Stabilized Mortar"; "Coating Mortar"; "Mortar Properties"; "Air Incorporating Additive" e "Hydration Stabilizer Additive" como palavras-chave. Tendo em vista a pequena quantidade de resultados para a pesquisa no Portal de Periódicos CAPES/MEC optou-se por expandir a pesquisa utilizando como fonte de pesquisa o Google Acadêmico e o site do SBTA, tendo como palavra-chave "Argamassa Estabilizada".

Foram utilizados alguns critérios de exclusão para selecionar os artigos. Primeiramente excluía-se os resultados não revisados por pares, posteriormente os que não foram publicados nos últimos cinco anos (de 2014 a 2019) e, por último, os que não estavam disponíveis em língua inglesa ou portuguesa. Após a realização desta seleção preliminar, o afinamento da pesquisa aconteceu após a leitura dos títulos de todos os artigos pré-selecionados e identificação dos que atendem ao critério de inclusão definido como sendo

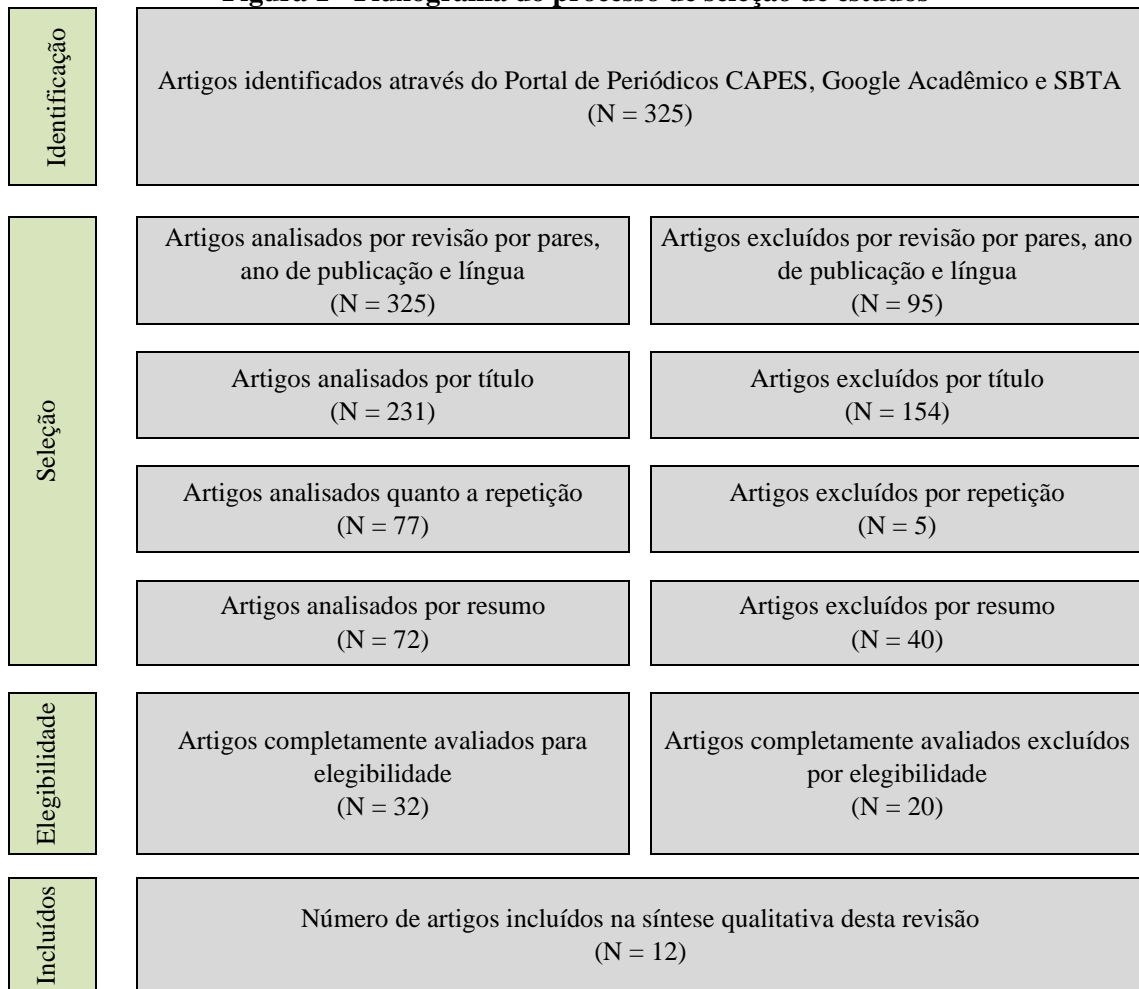
manuscritos que tratavam de ensaios experimentais analisando as propriedades de argamassas estabilizadas. Por fim, após a leitura de seus resumos, deu-se a definição dos artigos que seriam analisados integralmente e usados na revisão.

Ao final das buscas nas plataformas utilizadas, através das palavras-chave descritas acima, foram encontrados 325 artigos, sendo 203 na plataforma Portal de Periódicos CAPES/MEC, 93 no Google Acadêmico e 29 no site do SBTA.

Com a aplicação dos critérios de exclusão (revisão por pares, ano de publicação e língua), foram excluídos 95 artigos, outros 154 estudos foram excluídos pelo título e 5 foram excluídos por serem repetidos. Aplicando o critério de inclusão dos estudos, foram incluídos 72 trabalhos para serem avaliados pelo resumo, sendo 40 excluídos após a leitura, restando 32 para serem avaliados pela leitura completa do artigo.

Após todo o processo de seleção e aplicação dos critérios de exclusão e de elegibilidade, foram selecionados 12 manuscritos dos seguintes autores: Bellei *et al.* (2015); Trevisol Jr; Portella; Bragança (2015); Jantsch (2015); Costa (2016); Turra (2016); Kebhard; Kazmierczak (2017); Heinen *et al.* (2018); Bellei; Caten (2019); Thomé *et al.* (2019); Pinheiro *et al.* (2019); Roque; Polesello (2019); Santos *et al.* (2019), nesta revisão sistemática.

No fluxograma apresentado na Figura 1 é evidenciado todo o processo de seleção e aplicação dos critérios de exclusão e inclusão, sendo N o número de estudos.

**Figura 1 - Fluxograma do processo de seleção de estudos**

Fonte: Autora

Os estudos selecionados analisam propriedades da argamassa no estado fresco como consistência, densidade de massa, teor de ar incorporado, e propriedades no estado endurecido como resistência à tração na flexão e compressão e resistência de aderência à tração. Os dados de interesse obtidos na análise foram organizados em quadros para proporcionar a facilidade de comparação e discussão.

No Quadro 5 encontram-se descritas características como método de produção e trabalhabilidade (tempo de estabilização) das argamassas estudadas pelos autores.

**Quadro 5 - Caracterização dos estudos**

<b>Número</b>	<b>Autor / Ano</b>	<b>Produção da Argamassa</b>	<b>Trabalhabilidade (hs)</b>
1	Bellei <i>et al.</i> (2015)	Central/ Laboratório	36
2	Trevisol Jr; Portella; Bragança (2015)	Central	48
3	Jantsch (2015)	Central	36
4	Costa (2016)	Central	72
5	Turra (2016)	Central	72
6	Kebhard e Kazmierczak (2017)	Central	36
7	Heinen <i>et al.</i> (2018)	Central	36
8	Bellei; Caten (2019)	Central	36
9	Thomé <i>et al.</i> (2019)	Central	36
10	Pinheiro <i>et al.</i> (2019)	Central	36
11	Roque; Polesello (2019)	Central	36
12	Santos <i>et al.</i> (2019)	Central	36

Fonte: Autora

Analisando os resultados obtidos para a consistência das argamassas estudadas, apresentadas na Tabela 1, é possível perceber pelos estudos de Trevisol Jr; Portella; Bragança (2015); Turra (2016); Kebhard; Kazmierczak (2017); Heinen *et al.* (2018) e Bellei; Caten (2019), que a argamassa estabilizada tem a tendência de perder consistência ao longo do tempo de estabilização, porém, segundo os autores, a redução apresentada não comprometeu a trabalhabilidade das mesmas.

Nota-se também ao realizar a comparação entre os estudos que há uma grande variação de valores para o índice de consistência obtido em ensaios realizados em um mesmo tempo de estabilização.



**Tabela 1 - Resultados de ensaios de consistência**

Autor / Ano	Consistência da argamassa (mm)					
	0 hora	4 horas	24 horas	36 horas	48 horas	72 horas
Bellei et al. (2015)	Lab.: 183 Cent.: 188					
Trevisol Jr; Portella; Bragança (2015)	287	285	274	271	265	
Jantsch (2015)	233					
Costa (2016)	E1: 217 E2: 228					
Turra (2016)	227		222		213	198
Kebhard e Kazmierczak (2017)		263	253	242		
Heinen et al. (2018)	310			258		
Bellei; Caten (2019)	257			SL: 255 CL: 232		
Thomé et al. (2019)			SL: 205 CL: 280			
Pinheiro et al. (2019)	248		280	247		
Roque; Polesello (2019)	E1: 253 E2: 242 E3: 233		E1: 182 E2: 224 E3: 196	E1: 228* E2: 211 E3: 188		
Santos et al. (2019)			288			
<b>Varição (mm)</b>	<b>127</b>	<b>22</b>	<b>106</b>	<b>83</b>	<b>52</b>	
<b>Varição (%)</b>	<b>69</b>	<b>8</b>	<b>58</b>	<b>44</b>	<b>24</b>	

Nota: Lab.: Argamassa produzida em laboratório; Cent.: Argamassa adquirida em central.

AE1: Argamassa estabilizada do lote 1; AE2: Argamassa estabilizada do lote 2; AE3: Argamassa estabilizada do lote 3.

SL: Sem lâmina d'água; CL: Com lâmina d'água.

Fonte: Autora

Na Tabela 2 são apresentados os resultados encontrados pelos autores para a densidade de massa e na Tabela 3 os resultados de teor de ar incorporado das argamassas estudadas.

**Tabela 2 - Resultados de ensaios de densidade de massa**

Autor / Ano	Densidade de massa (Kg/m <sup>3</sup> )					
	0 hora	4 horas	24 horas	36 horas	48 horas	72 horas
Bellei et al. (2015)	Lab.: 1805,0 Cent.: 1873,0					
Jantsch (2015)	1765,5					
Costa (2016)	E1: 1797,1 E2: 1822,8					
Turra (2016)	1775,0		1787,0		1812,0	1837,0
Kebhard e Kazmierczak (2017)		1822,0	1840,0	1865,0		
Heinen et al. (2018)	1745,0			1755,0		
Bellei; Caten (2019)	1698,8			SL: 1774,6 CL: 1798,8		
Roque; Polesello (2019)	E1: 1787,9 E2: 1726,6 E3: 1738,7		E1: 1823,7 E2: 1736,2 E3: 1819,6	E1: 1813,8* E2: 1751,3 E3: 1827,0		
Santos et al. (2019)			1730,0			
<b>Variação (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>174,2</b>		<b>110,0</b>	<b>113,7</b>		
<b>Variação (%)</b>	<b>10</b>		<b>6</b>	<b>6</b>		

Nota: Lab.: Argamassa produzida em laboratório; Cent.: Argamassa adquirida em central.

AE1: Argamassa estabilizada do lote 1; AE2: Argamassa estabilizada do lote 2; AE3: Argamassa estabilizada do lote 3.

SL: Sem lâmina d'água; CL: Com lâmina d'água.

Fonte: Autora

**Tabela 3 - Resultados de ensaios de teor de ar incorporado**

Autor / Ano	Teor de ar incorporado (%)					
	0 hora	4 horas	24 horas	36 horas	48 horas	72 horas
Bellei et al. (2015)	Lab.: 19,7 Cent.: 18,2					
Trevisol Jr; Portella; Bragança (2015)	24,9	24,5	20,9	20,2	18,5	
Jantsch (2015)	21,9					
Turra (2016)	20,5		20,00		18,9	17,8
Kebhard e Kazmierczak (2017)		19,1	18,5	17,2		
Bellei; Caten (2019)	21,6			SL: 18,1 CL: 17,0		
Roque; Polesello (2019)	E1: 20,3 E2: 23,0 E3: 22,0		E1: 18,8 E2: 22,5 E3: 19,1	E1: 19,2* E2: 21,8 E3: 18,8		
<b>Variação (%)</b>	<b>6,7</b>	<b>5,4</b>	<b>4</b>	<b>4,8</b>	<b>0,4</b>	
<b>Variação (%)</b>	<b>37</b>	<b>28</b>	<b>22</b>	<b>28</b>	<b>2</b>	

Nota: Lab.: Argamassa produzida em laboratório; Cent.: Argamassa adquirida em central.

AE1: Argamassa estabilizada do lote 1; AE2: Argamassa estabilizada do lote 2; AE3: Argamassa estabilizada do lote 3.

SL: Sem lâmina d'água; CL: Com lâmina d'água.

Fonte: Autora

A densidade de massa e o teor de ar incorporado são propriedades inversamente proporcionais como pode ser percebido pelos resultados dos autores Turra (2016) e Kebhard; Kazmierczak (2017). A tendência apresentada pelos estudos é que a argamassa aumente sua densidade de massa devido à redução de bolhas existentes na argamassa que foram geradas pela utilização do aditivo incorporador de ar. A densidade de massa e o teor de ar incorporado estão ligados à trabalhabilidade da argamassa, quanto menor a densidade de massa e quanto maior o teor de ar incorporado mais fácil é trabalhar a argamassa.

Assim como ocorreu com a consistência, nota-se uma falta de padrão nos valores encontrados para o teor de ar incorporado quando se compara os resultados dos diferentes autores. Em relação a densidade de massa, percebe-se que os valores são mais próximos.

A partir deste ponto são apresentadas as propriedades das argamassas analisadas pelos mesmos autores, obtidas no estado endurecido. Na Tabela 4 são apresentados os resultados encontrados pelos autores para a resistência à tração na flexão e compressão.

**Tabela 4 - Resultados de ensaios resistência à tração na flexão e compressão (28 dias)**

Autor / Ano	Resistência à tração na flexão (MPa)				Resistência à compressão (MPa)			
	0 hora	4 horas	24 horas	36 horas	0 hora	4 horas	24 horas	36 horas
Bellei et al. (2015)	Lab.: 3,7 Cent.: 1,95				Lab.: 8,8 Cent.: 4,9			
Jantsch (2015)	4,67				14,56			
Costa (2016)	E1: 2,25 E2: 1,79				E1: 5,31 E2: 3,94			
Turra (2016)	0,88				8,1			
Kebhard e Kazmierczak (2017)		2,4	2,2	2,2		5,4	5,4	4,8
Heinen et al. (2018)	0,78			1,24	4,3			4,49
Bellei; Caten (2019)	0,4			SL: 0,53 CL: 0,45	1,17			SL: 1,20 CL: 1,09
Thomé et al. (2019)			SL: 4,3 CL: 4,3				SL: 14,1 CL: 17,7	
Pinheiro et al. (2019)	3,5		4,2	4,4	10		17,7	18,5
Roque; Polesello (2019)	E1: 1,26 E2: 2,03 E3: 2,83		E1: 1,11 E2: 1,39 E3: 2,56	E1: 0,39* E2: 1,29 E3: 2,51	E1: 4,20 E2: 6,09 E3: 7,10		E1: 3,80 E2: 4,60 E3: 6,0	E1: 1,16* E2: 4,30 E3: 5,7
Santos et al. (2019)			4,05				15,7	
<b>Variação (MPa)</b>	<b>4</b>		<b>3,19</b>	<b>4,01</b>	<b>13</b>		<b>13,9</b>	<b>17,41</b>
<b>Variação (%)</b>	<b>1068</b>		<b>287</b>	<b>1028</b>	<b>1144</b>		<b>366</b>	<b>1597</b>

Nota: Lab.: Argamassa produzida em laboratório; Cent.: Argamassa adquirida em central.

AE1: Argamassa estabilizada do lote 1; AE2: Argamassa estabilizada do lote 2; AE3: Argamassa estabilizada do lote 3.

SL: Sem lâmina d'água; CL: Com lâmina d'água.

Fonte: Autora

Na Tabela 4 fica evidente a grande variação existente entre os resultados obtidos pelos estudos. No estudo de Jantsch (2015) a resistência à tração na flexão obtida foi de 4,67 MPa, enquanto que a obtida por Bellei; Caten (2019) foi de 0,4 MPa. Nota-se a tendência de argamassas produzidas em laboratório apresentarem maiores resistências, como pode ser observado no estudo de Bellei *et al.* (2015). Além disso, nota-se pelo estudo de Costa (2016) e Roque; Polesello (2019) a variação nos resultados de resistência à tração na flexão e compressão entre fornecedores de argamassa estabilizada do mesmo município.

Na Tabela 5, em que são expostos os resultados obtidos pelos autores para a resistência de aderência à tração, nota-se que, assim como as resistências à tração na flexão e à compressão, a resistência de aderência à tração é maior para argamassas produzidas em laboratório (BELLEI *et al.*, 2015). Em relação ao tempo de estabilização, os estudos de Turra (2016), Kebhard; Kazmierczak (2017) e Heinen *et al.* (2018), demonstram que o comportamento da argamassa não segue padrão. No estudo de Turra (2016) a argamassa perde aderência quando aplicada às 24 horas de estabilização, mas tem sua aderência aumentada quando aplicada às 48 e 72 horas de estabilização. Enquanto no estudo de Kebhard; Kazmierczak (2017) a aderência reduz com o tempo de estabilização, comportamento inverso é observado no estudo de Heinen *et al.* (2018). Observa-se ainda na Tabela 5, pelo estudo de Costa (2016), a variação da resistência de aderência à tração obtida entre dois fornecedores da mesma cidade.

**Tabela 5 - Resultados de ensaios resistência de aderência à tração (28 dias)**

Autor / Ano	Resistência de aderência à tração (MPa)					
	0 hora	4 horas	24 horas	36 horas	48 horas	72 horas
Bellei et al. (2015)	Lab.: 0,35 Cent.: 0,15					
Jantsch (2015)	0,72					
Costa (2016)	E1: 0,48 E2: 0,19					
Turra (2016)	0,65		0,6		0,64	0,76
Kebhard e Kazmierczak (2017)		0,37	0,38	0,34		
Heinen et al. (2018)	0,39			0,47		
Bellei; Caten (2019)	0,18			SL: - CL: 0,12		
<b>Varição (MPa)</b>	<b>0,57</b>		<b>0,22</b>	<b>0,35</b>		
<b>Varição (%)</b>	<b>380</b>		<b>58</b>	<b>292</b>		

Nota: Lab.: Argamassa produzida em laboratório; Cent.: Argamassa adquirida em central.

AE1: Argamassa estabilizada do lote 1; AE2: Argamassa estabilizada do lote 2; AE3: Argamassa estabilizada do lote 3.

SL: Sem lâmina d'água; CL: Com lâmina d'água.

Fonte: Autora

É importante ressaltar que os resultados de aderência encontrados por Bellei *et al.* (2015), para a argamassa produzida em central; Costa (2016), para a argamassa obtida no fornecedor 2 e Bellei; Caten (2019), não atingem o valor mínimo exigido pela norma NBR 13749 (ABNT, 2013) que é 0,2 MPa para emboço e camada única, aplicados internamente e com acabamento em pintura ou base para reboco.

Notando-se, posteriormente, a necessidade de avaliar a propriedade de módulo de elasticidade dinâmico foi realizada uma pesquisa específica para esta propriedade que obteve como resultado os estudos de Macioski; Costa; Casali (2015); Trevisol Júnior (2015) e Kebhard e Kazmierczak (2017). Os resultados obtidos por estes autores para o módulo de elasticidade dinâmico são exibidos na Tabela 6.

**Tabela 6 - Resultados de ensaios de módulo de elasticidade dinâmico (28 dias)**

Autor / Ano	Módulo de elasticidade (MPa)				
	0 hora	4 horas	24 horas	36 horas	48 horas
Macioski; Costa; Casali (2015)	Lote 1: 13000 Lote 2: 11900 Lote 3: 10800		Lote 1: 11100 Lote 2: 10100 Lote 3: 10100		
Trevisol Júnior, L. A. (2015)		9690	10400		8370
Kebhard e Kazmierczak (2017)		10988	10913	8135	
<b>Variação (MPa)</b>	<b>2200</b>	<b>1298</b>	<b>1000</b>		
<b>Variação (%)</b>	<b>0,20</b>	<b>0,13</b>	<b>0,10</b>		

Fonte: Autora

Percebe-se ao analisar os resultados destes estudos que o módulo de elasticidade dinâmico sofre pouca variação quando se compara os materiais dos diferentes autores no mesmo tempo de estabilização. Nota-se também que com exceção da argamassa estudada por Trevisol Júnior (2015), a argamassa estabilizada apresenta a tendência de reduzir o módulo de elasticidade ao longo do tempo, como pode ser confirmado pelos resultados de Macioski; Costa; Casali (2015) e Kebhard e Kazmierczak (2017).

#### **2.4.5 Comparação entre propriedades das argamassas: convencional, industrializada e estabilizada**

Na Tabela 7 são expostos resultados de ensaios com argamassas convencional, industrializada e estabilizada realizados no estado fresco. Os autores Costa (2016), Heinen *et al.* (2018) e

Brugali; Casagrande; Stolz (2019) realizaram ensaios de consistência, densidade de massa e teor de ar incorporado com a intenção de avaliar que tipo de argamassa apresenta melhor desempenho.

**Tabela 7 - Resultados de ensaios com argamassas no estado fresco**

Autor/Ano	Consistência (mm)		
	Convencional	Industrializada	Estabilizada
Costa (2016)	AO1: 298 AO2: 269	AI1: 208 AI2: 214	AE1: 217 AE2: 228
Heinen <i>et al.</i> (2018)	280	358	310
Brugali; Casagrande; Stolz (2019)	-	AI1: 333 AI2: 256 AI3: 302	AE1: 242 AE2: 227 AE3: 239
Autor/Ano	Densidade de massa (Kg/m <sup>3</sup> )		
	Convencional	Industrializada	Estabilizada
Costa (2016)	AO1: 2.060,6 AO2: 2.109,1	AI1: 1.762,9 AI2: 1.743,8	AE1: 1.797,1 AE2: 1.822,8
Heinen <i>et al.</i> (2018)	1740,0	1915,0	1745,0
Brugali; Casagrande; Stolz (2019)	-	AI1: 2067,4 AI2: 1873,0 AI3: 1839,3	AE1: 1820,2 AE2: 1696,9 AE3: 1752,2
Autor/Ano	Teor de ar incorporado (%)		
	Convencional	Industrializada	Estabilizada
Costa (2016)	AO1: 5,9 AO2: 26,2	AI1: 21,6 AI2: 21,1	-
Brugali; Casagrande; Stolz (2019)	-	AI1: 4,1 AI2: 17,0 AI3: 16,0	AE1: 19,0 AE2: 19,5 AE3: 18,0

Nota: AO1: Argamassa produzida em obra do lote 1; AO2: Argamassa produzida em obra do lote 2.

AI1: Argamassa industrializada do lote 1; AI2: Argamassa industrializada do lote 2; AI3: Argamassa industrializada do lote 3.

AE1: Argamassa estabilizada do lote 1; AE2: Argamassa estabilizada do lote 2; AE3: Argamassa estabilizada do lote 3.

Fonte: Autora

Para o índice de consistência nota-se a falta de homogeneidade no comportamento dos materiais para esta propriedade. No estudo de Costa (2016) a argamassa convencional apresentou maior índice de consistência, enquanto nos estudos de Heinen *et al.* (2018) e Brugali; Casagrande; Stolz (2019) a argamassa industrializada alcançou maiores índices de consistência.

Geralmente, argamassas estabilizadas apresentam menores densidades de massa no estado fresco por possuírem maior quantidade de teor de ar incorporado, já que utilizam aditivos incorporadores de ar em sua composição. Este resultado pode ser observado no estudo de Brugali; Casagrande; Stolz (2019), demonstrando a inversalidade entre as duas propriedades. No trabalho de Heinen *et al.* (2018) não é possível fazer tal comparação visto que o mesmo

não determinou o teor de ar incorporado em cada tipo de argamassa, mas nota-se que a argamassa estabilizada apresenta menor densidade quando comparada à argamassa industrializada, e praticamente a mesma densidade que a argamassa convencional. No estudo de Costa (2016) argamassas industrializadas e estabilizadas apresentaram resultados próximos para a densidade de massa e, apesar de o autor não ter determinado o teor de ar incorporado para a argamassa estabilizada, o mesmo afirma que os dois tipos de argamassa utilizam aditivo incorporador de ar em suas composições.

Na Tabela 8 são expostos os resultados dos ensaios de determinação da resistência à tração na flexão, resistência à compressão, resistência de aderência à tração, coeficiente de capilaridade e densidade de massa aparente, realizados pelos autores Costa (2016), Heinen *et al.* (2018) e Brugali; Casagrande; Stolz (2019) comparando o desempenho de argamassas convencional, industrializada e estabilizada.

**Tabela 8 - Resultados de ensaios com argamassas no estado endurecido**

Autor/Ano	Resistência à tração na flexão (MPa)		
	Convencional	Industrializada	Estabilizada
Costa (2016)	AO1: 0,66 AO2: 1,19	AI1: 2,18 AI2: 3,05	AE1: 2,25 AE2: 1,79
Heinen et al. (2018)	AO: 0,56	AI: 0,64	AE: 0,78
Brugali; Casagrande; Stolz (2019)	-	AI1: 1,22 AI2: 2,65 AI3: 1,54	AE1: 1,16 AE2: 1,70 AE3: 2,17
Autor/Ano	Resistência à compressão (MPa)		
	Convencional	Industrializada	Estabilizada
Costa (2016)	AO1: 2,17 AO2: 3,32	AI1: 5,28 AI2: 8,72	AE1: 5,31 AE2: 3,94
Heinen et al. (2018)	AO: 2,60	AI: 3,80	AE: 4,30
Brugali; Casagrande; Stolz (2019)	-	AI1: 2,95 AI2: 7,23 AI3: 2,86	AE1: 1,12 AE2: 4,68 AE3: 6,75
Autor/Ano	Resistência de aderência à tração (MPa)		
	Convencional	Industrializada	Estabilizada
Costa (2016)	AO1: 0,44 AO2: 0,42	AI1: 0,34 AI2: 0,35	AE1: 0,48 AE2: 0,19
Heinen et al. (2018)	AO: 0,24	AI: 0,24	AE: 0,39

Nota: AO1: Argamassa produzida em obra do lote 1; AO2: Argamassa produzida em obra do lote 2.

AI1: Argamassa industrializada do lote 1; AI2: Argamassa industrializada do lote 2; AI3: Argamassa industrializada do lote 3.

AE1: Argamassa estabilizada do lote 1; AE2: Argamassa estabilizada do lote 2; AE3: Argamassa estabilizada do lote 3.

Fonte: Autora

Ao analisar os resultados obtidos nestes estudos para propriedades como resistência à tração na flexão e à compressão, a argamassa estabilizada apresenta desempenho superior quando

comparada à argamassa convencional e desempenho similar ao apresentado por argamassas industrializadas.

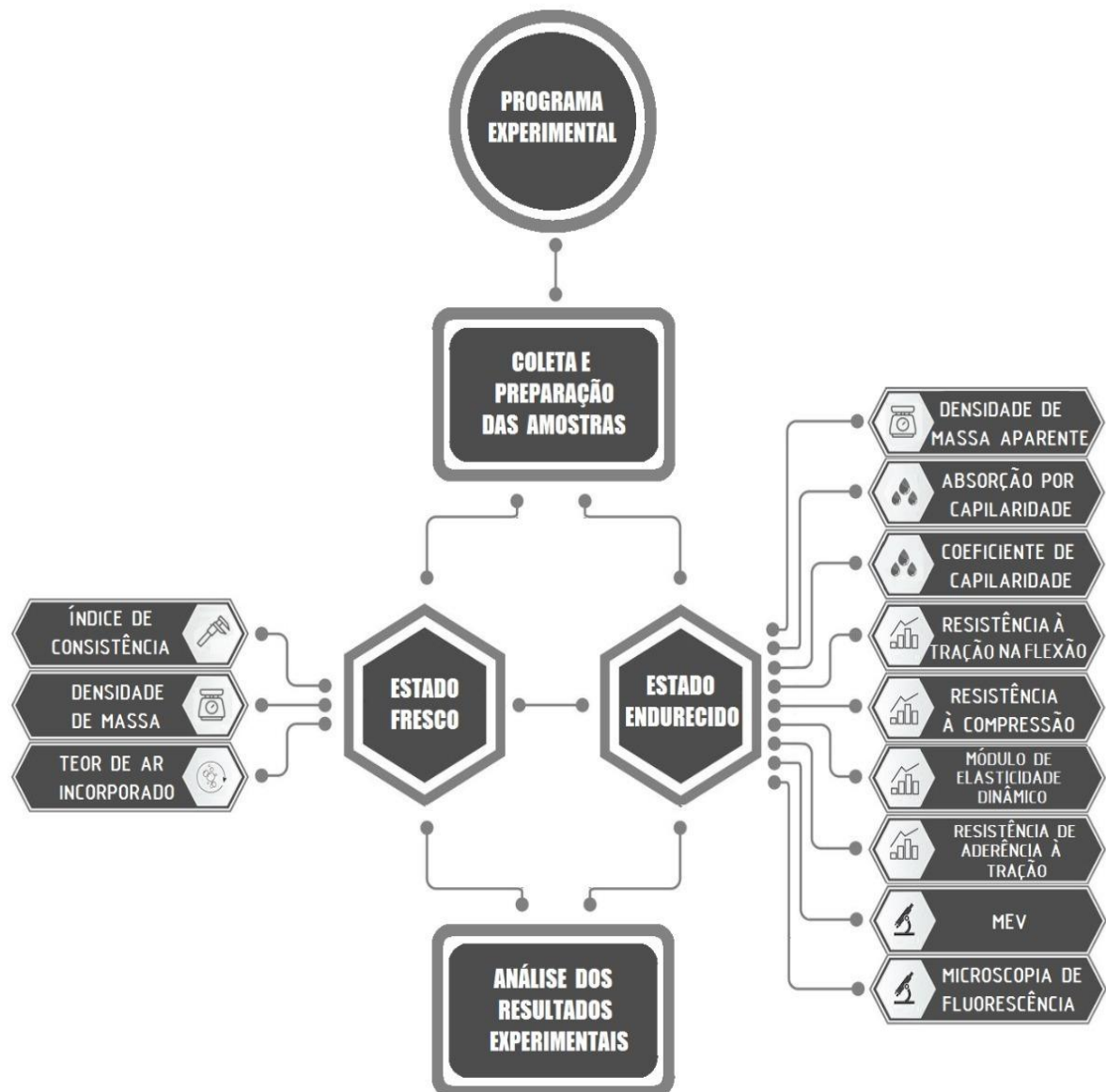
Em relação a resistência de aderência à tração, nota-se no trabalho de Costa (2016) um melhor desempenho de aderência em argamassas convencionais, resultados acima do exigido pela norma para as argamassas industrializadas e, na argamassa estabilizada, obteve-se para um lote de argamassa ensaiada, resultado abaixo do considerado aceito pela norma NBR 13749 (ABNT, 2013) que é 0,2 MPa para revestimento interno com acabamento em pintura e 0,3 MPa para revestimento interno com acabamento em cerâmica, assim como para revestimentos externos . No estudo de Heinen *et al.* (2018), a argamassa estabilizada atingiu maior valor de resistência de aderência à tração quando comparada a argamassas convencional e industrializada.



### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo apresenta a caracterização dos materiais utilizados e os métodos de ensaios adotados para o estudo das argamassas estabilizadas. Na Figura 2 é apresentado o fluxograma da metodologia adotada.

Figura 2 - Fluxograma do programa experimental



Fonte: Autora

### 3.1 Materiais

Para avaliar o comportamento das propriedades das argamassas estabilizadas para revestimento fornecidas na Região Metropolitana de Recife foram coletadas amostras de 02 (dois) fornecedores, sendo as mesmas dosadas para se manterem em estado trabalhável por até 36 horas.

A empresa do fornecedor 1 foi criada em 2016, porém no setor de produção de concreto e argamassa, está no mercado desde 2018. Do início de suas atividades em março de 2018 até agosto de 2019, forneceu cerca de 7.000 m<sup>3</sup> de argamassa na Região Metropolitana de Recife (informação verbal). Atualmente, não há caminhão betoneira exclusivo para a produção e fornecimento de argamassa estabilizada nesta empresa, porém existe um processo de limpeza tanto no caminhão como na central, que são realizados para que não haja contaminação por parte dos aditivos e também de brita.

A empresa do fornecedor 2 atua no mercado há 42 anos, produzindo argamassa estabilizada desde 2015. Atua em todos os estados brasileiros, com exceção do Amapá, Roraima e Acre, e também no exterior, no estado da Flórida e no território das Ilhas Cayman. A empresa caracteriza-se por possuir caminhão betoneira específico para a produção e transporte da argamassa estabilizada.

Segundo informações dos próprios fornecedores, responsáveis pela produção das argamassas avaliadas nesta pesquisa, os materiais utilizados na composição são: Cimento Portland de alta resistência inicial (CPV – ARI), agregado miúdo (areia fina), água potável, aditivo incorporador de ar e aditivo estabilizador de hidratação. Os traços das argamassas utilizadas neste estudo foram fornecidos para possibilitar a realização dos ensaios, porém não foi autorizado o seu compartilhamento.

Através dos traços fornecidos, no Quadro 6 é realizada comparação entre as quantidades de materiais utilizadas em cada traço para a produção de 1m<sup>3</sup> de argamassa estabilizada. Nota-se que a argamassa do fornecedor 2 possui 11,54% menos cimento, 0,83% menos agregado miúdo, 40,83% menos água, 84,23% menor quantidade de aditivo incorporador de ar e 24,84% maior quantidade de aditivo estabilizador de hidratação que a argamassa do fornecedor 1.

**Quadro 6 - Comparação entre os traços dos dois fornecedores**

Material	Quantidade	
	AE-F1	AE-F2
Cimento (kg)	A	A – 11,54%
Agregado miúdo (kg)	B	B – 0,83%
Água (L)	C	C – 40,83%
Incorporador de ar (kg)	D	D – 84,23%
Estabilizador de hidratação (kg)	E	E + 24,38%

Fonte: Autora

As argamassas dos dois fornecedores foram obtidas na mesma obra, situada na cidade de Camaragibe-PE, caracterizada como condomínio residencial com área construída de 23.122m<sup>2</sup>, distribuídas em 28 torres, totalizando 452 apartamentos de aproximadamente 35m<sup>2</sup>. A argamassa estabilizada foi utilizada para assentamento de blocos de concreto (alvenaria estrutural) e para o revestimento dos blocos de concreto, sem a utilização de chapisco.

A coleta foi realizada diretamente da caixa de armazenamento utilizada em obra e no momento do seu recebimento como mostra a Figura 3.

**Figura 3 - Recebimento de argamassa estabilizada em caixa plástica no canteiro de obras**

Fonte: Autora

A argamassa estabilizada do fornecedor 1, denominada AE-F1, foi colhida no dia 22 de janeiro de 2019 às 07:30 e armazenada em 03 (três) baldes com tampa para a realização do transporte até o Laboratório de Materiais de Construção Civil da Escola Politécnica de

Pernambuco. A coleta da amostra do fornecedor 2, denominada AE-F2, ocorreu no dia 29 de janeiro de 2019 às 08:30 e utilizou o mesmo tipo de armazenamento para transporte, ao mesmo laboratório.

As amostras foram coletadas e armazenadas em 03 (três) diferentes recipientes para que a argamassa fosse estudada em diferentes tempos de estabilização, desta forma, o estudo contará com amostras nas idades inicial, intermediária e final, podendo-se avaliar a influência do tempo de estabilização no desempenho da argamassa. O conteúdo do recipiente 01 (um) foi ensaiado no momento em que o mesmo chegou ao laboratório (aproximadamente 1 hora após o recebimento em obra), o do recipiente 02 (dois), após 24 horas de seu recebimento em obra e o recipiente 03 (três), tendo seus ensaios realizados após 36 horas da entrega.

O armazenamento do material a ser utilizado após 24 e 36 horas foi realizado segundo as recomendações do fabricante com uma película de água de 2 cm, sendo a mesma retirada com o auxílio de um Becker no momento da realização dos ensaios através da criação de um desnível no recipiente, que ocasiona o deslocamento da água e posteriormente realizou-se a homogeneização da argamassa, misturando-se o conteúdo completamente com uma colher de pedreiro.

### **3.2 Métodos**

A pesquisa é caracterizada como experimental e utilizou-se de ensaios para avaliar e caracterizar argamassas estabilizadas para revestimento. O programa experimental utilizou como referências as normas técnicas brasileiras sobre argamassa para revestimentos de paredes e tetos e a tese de doutorado de Barreto (2014) para referenciar o ensaio de microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os ensaios realizados e as referências em que se baseiam estão apresentados no Quadro 7.

**Quadro 7 - Ensaio realizados e normas correspondentes**

<b>Estado fresco</b>	
<b>Ensaio</b>	<b>Referência</b>
Índice de Consistência	ABNT NBR 13276:2016
Densidade de massa e teor de ar incorporado	ABNT NBR 13278:2005
<b>Estado endurecido</b>	
<b>Ensaio</b>	<b>Referência</b>
Densidade de massa aparente	ABNT NBR 13280:2005
Absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade	ABNT NBR 15259:2005
Resistência à tração na flexão e à compressão	ABNT NBR 13279:2005
Módulo de elasticidade dinâmico	ABNT NBR 15630:2009
Resistência de aderência à tração	ABNT NBR 13528:2010
<b>Ensaio microscópico</b>	
<b>Ensaio</b>	<b>Referência</b>
Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	Barreto (2014)

Fonte: Autora

Os ensaios de determinação do índice de consistência, densidade de massa e teor de ar incorporado, densidade de massa aparente e absorção por capilaridade e coeficiente de capilaridade foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC) da Escola Politécnica de Pernambuco. Os corpos de prova para determinação da resistência à tração na flexão e à compressão foram moldados no mesmo laboratório e após 28 dias de cura úmida no laboratório, foram levados para rompimento na empresa Tecomat Engenharia. Os mesmos corpos de prova utilizados para a determinação da densidade de massa aparente, absorção por capilaridade e coeficiente de capilaridade foram ensaiados quanto ao módulo de elasticidade dinâmico na Universidade Católica de Pernambuco.

O ensaio de resistência de aderência à tração foi realizado em obra, utilizando como substrato blocos estruturais de concreto. Por último, foi realizado o ensaio de análise microscópica no Laboratório de Dispositivos e Nanoestruturas da Universidade Federal de Pernambuco.

O número de laboratórios e profissionais parceiros demonstra a relevância da pesquisa e evidencia o potencial da Escola Politécnica de Pernambuco de promover a integração de pesquisas no meio acadêmico.

### 3.2.1 Ensaios no estado fresco

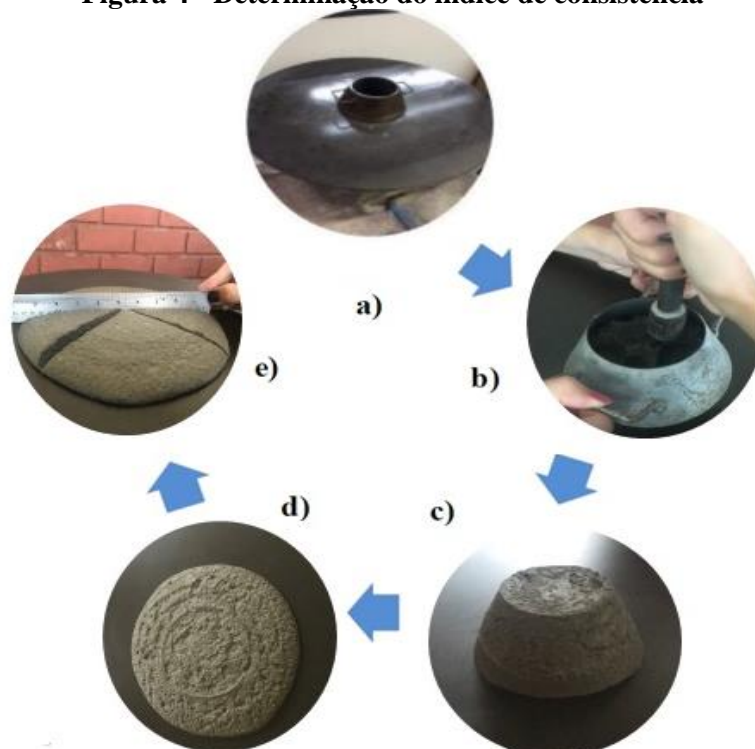
#### 3.2.1.1 Determinação do índice de consistência

A aparelhagem necessária para a realização do ensaio consiste em: balança com resolução de 0,1g; mesa para índice de consistência; molde tronco cônico; soquete metálico; misturador mecânico e paquímetro.

Segundo a NBR 13276 (ABNT, 2016), o ensaio consiste em medir o espalhamento horizontal de uma argamassa acomodada em um molde na forma de um cone padrão sobre uma mesa, onde o material é submetido a sucessivos impactos após a retirada do cone. Os impactos são acionados por uma manivela que eleva a mesa até uma determinada altura e, subitamente, faz com que ela caia de volta na sua altura de origem. A norma indica acionar a manivela de modo que a mesa suba e caia 30 vezes em 30 segundos de maneira uniforme.

Ao término dos trinta golpes, com auxílio de um paquímetro afere-se três medidas de diâmetro da argamassa espalhada, conforme demonstra a Figura 4. O resultado do índice de consistência é a média dos três valores.

**Figura 4 - Determinação do índice de consistência**



### 3.2.1.2 Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado

A NBR 13278 (ABNT, 2005a) define a aparelhagem necessária para a realização do ensaio que consiste em balança com resolução de 0,1 g; recipiente cilíndrico com capacidade aproximada de 400 cm<sup>3</sup>; espátula e placa de vidro.

Para a realização do ensaio faz-se necessária a calibração do recipiente através da pesagem do mesmo vazio com placa de vidro, obtendo-se a massa  $m_v$ ; posteriormente deve-se encher o recipiente com água e realizar sua pesagem juntamente com a placa de vidro obtendo-se a massa  $m_a$ . Através da diferença das massas é possível obter o volume do recipiente, conforme Equação 1.

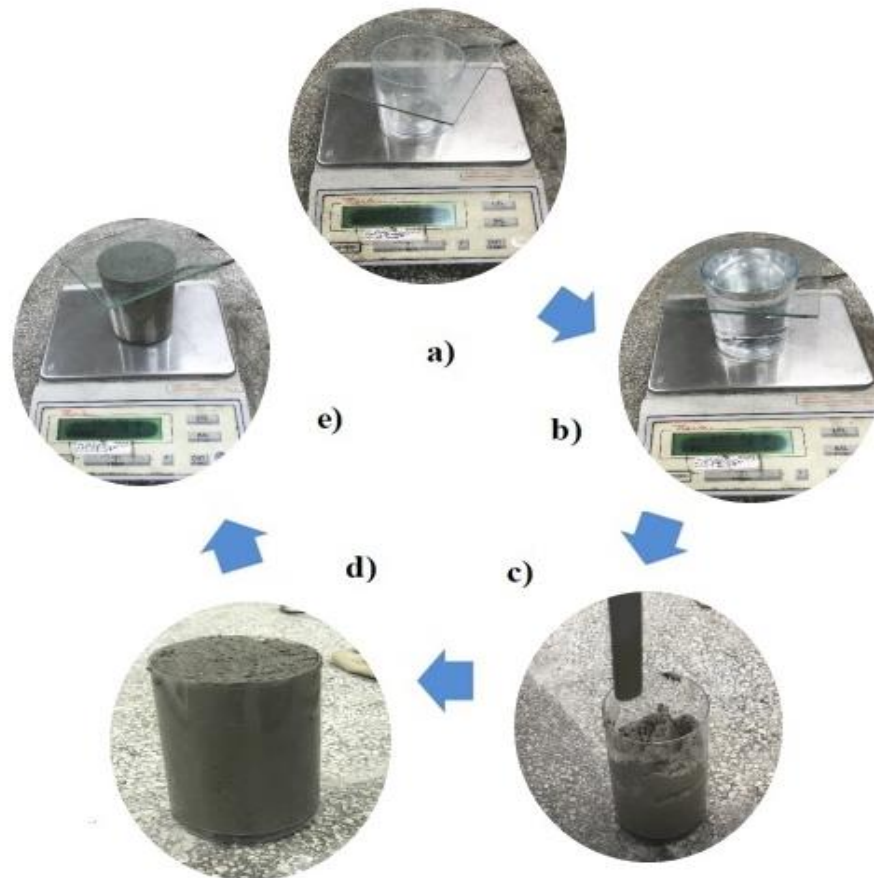
$$v_r = m_a - m_v \quad (1)$$

Com o recipiente calibrado, a segunda etapa do ensaio consiste na colocação da argamassa no recipiente cilíndrico. A argamassa é inserida no recipiente em três camadas, de alturas aproximadamente iguais, onde é aplicado em cada uma delas 20 golpes ao longo do perímetro da argamassa. Cada golpe efetuado corresponde à entrada e à saída da espátula na posição vertical.

Cada camada recebe golpes com forças diferentes; na primeira camada os golpes são efetuados de maneira a atingir levemente o fundo do recipiente; nas demais camadas a espátula é aplicada de maneira a atingir somente a superfície da camada imediatamente inferior.

Após a execução de cada camada, são efetuadas três quedas do recipiente com altura aproximada de 3 cm, preenchendo os vazios entre a argamassa e a parede do recipiente, depois realiza-se o rasamento da argamassa. O recipiente deve ser limpo em suas paredes externas e pesado, registrando a massa do recipiente cheio ( $m_c$ ), como pode ser visto na Figura 5.

**Figura 5 - Determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado**



Fonte: Autora

Calcula-se a densidade de massa da argamassa, no estado fresco, em quilogramas por metro cúbico, através da Equação 2:

$$d = \frac{m_c - m_v}{v_r} \times 1000 \quad (2)$$

Onde:

$d$  é a densidade de massa ( $\text{kg/m}^3$ );

$m_c$  é a massa do recipiente cilíndrico contendo a argamassa de ensaio (g);

$m_v$  é a massa do recipiente cilíndrico vazio (g);

$v_r$  é o volume do recipiente cilíndrico ( $\text{cm}^3$ ).

O resultado obtido é classificado de acordo com NBR 13281 (ABNT, 2005d), conforme é descrito na Tabela 9.



**Tabela 9 – Requisitos de classificação pela NBR 13281 (ABNT, 2005d) para densidade de massa no estado fresco**

Classe	Densidade de massa no estado fresco (kg/m <sup>3</sup> )	Método de Ensaio
D1	≤ 1400	ABNT NBR 13278:2005
D2	1200 a 1600	
D3	1400 a 1800	
D4	1600 a 2000	
D5	1800 a 2200	
D6	> 2000	

Fonte: Adaptado de NBR 13.281 (2005)

Para calcular o teor de ar incorporado na argamassa, a NBR 13278 (ABNT, 2005a) faz o uso da Equação 3:

$$A = 100 \left( 1 - \frac{d}{d_t} \right) \quad (3)$$

Onde:

A é o teor de ar incorporado (%);

d é o valor da densidade de massa da argamassa (g/cm<sup>3</sup>);

d<sub>t</sub> é o valor da densidade de massa teórica da argamassa (g/cm<sup>3</sup>).

Para argamassas industrializadas, que é o caso da argamassa estabilizada, a densidade de massa teórica da argamassa (d<sub>t</sub>) é calculada conforme a Equação 4:

$$d_t = \frac{m_s + m_{\text{água}}}{\frac{m_s}{\gamma_s} + m_{\text{água}}} \quad (4)$$

Onde:

m<sub>s</sub> é a massa da argamassa anidra (g);

m<sub>água</sub> é a massa de água que compõe a argamassa fresca (g);

γ<sub>s</sub> é a massa específica da argamassa anidra conforme a ABNT NBR 16605:2017.

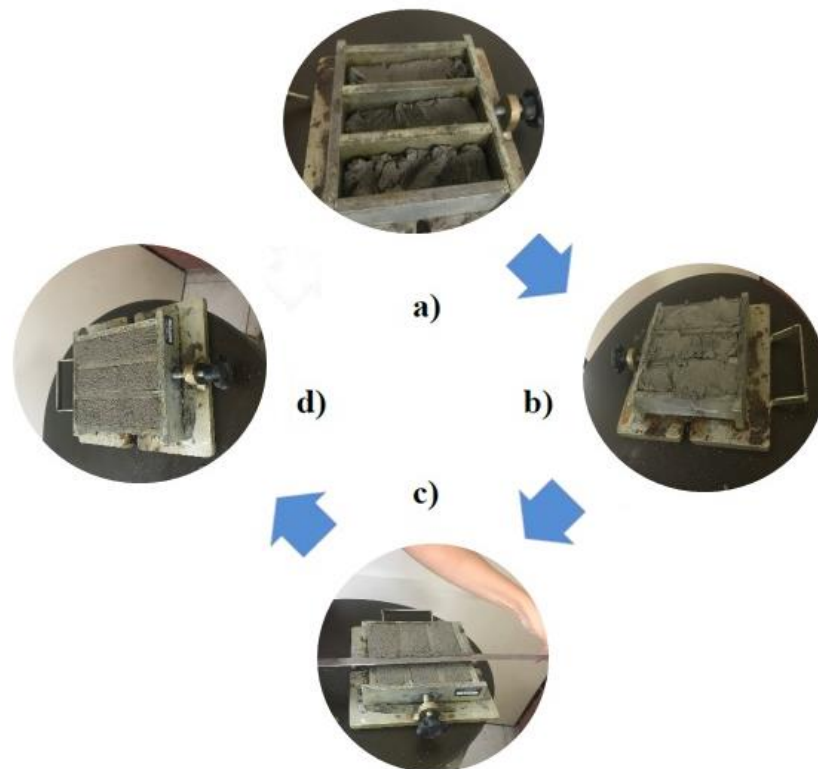
### 3.2.2 Ensaio no estado endurecido

#### 3.2.2.1 Moldagem, adensamento e cura dos corpos de prova

Para a realização dos ensaios no estado endurecido foram moldados 36 corpos-de-prova em moldes prismáticos de 4 cm x 4 cm x 16 cm, sendo 3 corpos de prova para cada hora analisada e para cada ensaio, conforme indicação da NBR 13279 (ABNT, 2005b).

Os moldes prismáticos com três compartimentos são colocados sobre uma mesa de adensamento e são preenchidos com a argamassa em duas etapas, cada uma recebendo 30 golpes em 30 segundos através da mesa de adensamento, posteriormente é feito o rasamento da superfície com a régua metálica como pode ser observado na Figura 6.

**Figura 6 - Moldagem dos corpos de prova**



Fonte: Autora

Após a moldagem, os corpos-de-prova permaneceram expostos às condições ambiente de laboratório por 6 dias quando foi realizada a desforma, e posteriormente, os mesmos permaneceram expostos a condições de laboratório até a idade do ensaio de 28 dias, como pode ser observado na Figura 7.

**Figura 7 – Corpos de prova em condições de cura**



Fonte: Autora

### 3.2.2.2 Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido

A NBR 13280 (ABNT, 2005c) define a aparelhagem necessária para a realização do ensaio que consiste em balança com resolução de 0,1 g e paquímetro com resolução de 0,1 mm. O ensaio consiste em determinar a massa e o volume dos corpos de prova com idade de 28 dias, com o auxílio dos utensílios de laboratório, observar Figura 8.

**Figura 8 - Determinação da densidade de massa aparente**



Fonte: Autora

Após, calcula-se a densidade de massa através da Equação 5:

$$\rho_{m\acute{a}x} = \frac{m}{v} 1000 \quad (5)$$

Onde:

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

$m$  é a massa do corpo de prova (g);

$v$  é o volume do corpo de prova ( $\text{cm}^3$ ).

O resultado obtido é classificado de acordo com NBR 13281 (ABNT, 2005d), conforme é descrito na Tabela 10.

**Tabela 10 – Requisitos de classificação pela NBR 13281 (ABNT, 2005d) para densidade de massa aparente no estado endurecido**

Classe	Densidade de massa aparente no estado endurecido (kg/m <sup>3</sup> )	Método de Ensaio
M1	≤ 1200	ABNT 13280:2005
M2	1000 a 1400	
M3	1200 a 1600	
M4	1400 a 1800	
M5	1600 a 2000	
M6	> 1800	

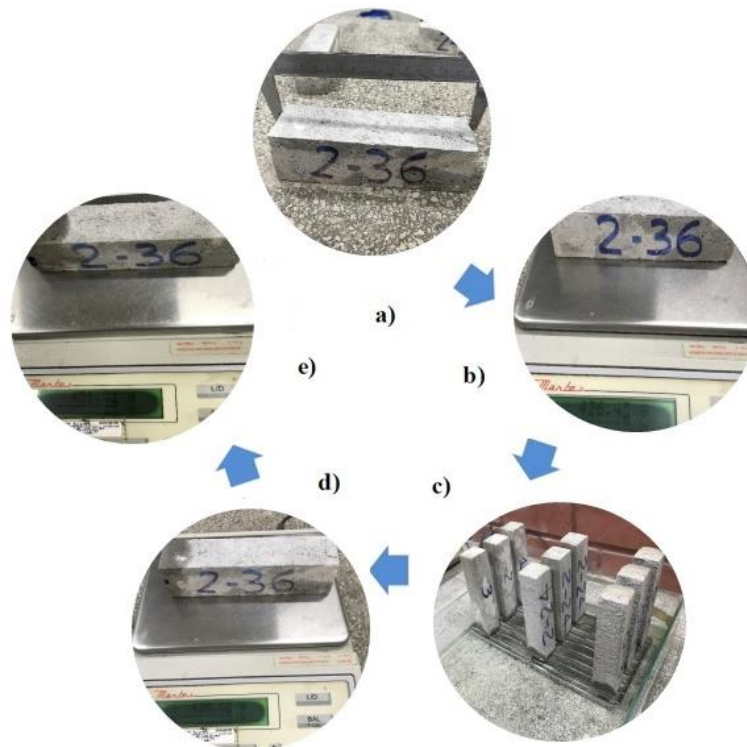
Fonte: Adaptado de NBR 13.281 (2005)

### 3.2.2.3 Determinação da absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade

Os aparelhos necessários para a realização do ensaio são balança com resolução mínima de 0,01 g; cronômetro; recipiente destinado a armazenar os corpos-de-prova que garanta nível de água constante; bases que mantenham os corpos-de-prova afastados do fundo, mas que possibilitem o contato da face inferior com a água; e espátula metálica.

São ensaiados 3 corpos de prova com dimensões de (4 x 4 x 16) cm moldados conforme NBR 13279 (ABNT, 2005b). O método para determinação do coeficiente de capilaridade da argamassa, descrito na NBR 15259 (ABNT, 2005e), consiste em posicionar os corpos de prova com idade de 28 dias em um recipiente com uma camada de água de (5 ± 1) mm, com a face quadrada voltada para água como mostra a Figura 9. Realiza-se a leitura do peso dos corpos no tempo inicial, de 10 e de 90 minutos.

**Figura 9 - Determinação da absorção de água por capilaridade**



Fonte: Autora

A absorção por capilaridade é obtida dividindo a variação de massa pela área de seção transversal do corpo em contato com a água, conforme mostra a Equação 6. Os resultados são apresentados para os intervalos de tempo de 0 a 10 minutos e de 10 a 90 minutos.

$$A_t = \frac{m_t - m_0}{16} \quad (6)$$

Onde:

$A_t$  é a absorção de água por capilaridade, para cada tempo ( $\text{g}/\text{cm}^2$ );

$m_t$  é a massa do corpo de prova em cada tempo (g);

$m_0$  é a massa inicial do corpo de prova (g);

t corresponde aos tempos de 10 min e 90 min (s);

16 é a área do corpo de prova ( $\text{cm}^2$ ).

O coeficiente de capilaridade deve ser igualmente calculado para cada corpo-de-prova de acordo com a Equação 7:

$$C = (m_{90} - m_{10}) \quad (7)$$

Onde:

C é o coeficiente de capilaridade ( $\text{g}/\text{dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$ ).

O resultado obtido é classificado de acordo com NBR 13281 (ABNT, 2005d), conforme é descrito na Tabela 11.

**Tabela 11 – Requisitos de classificação pela NBR 13281 (ABNT, 2005d) para coeficiente de capilaridade**

Classe	Coeficiente de capilaridade ( $\text{g}/\text{dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$ )	Método de Ensaio
C1	$\leq 1,5$	ABNT NBR 15259:2005
C2	1,0 a 2,5	
C3	2,0 a 4,0	
C4	3,0 a 7,0	
C5	5,0 a 12,0	
C6	$> 10,0$	

Fonte: Adaptado de NBR 13.281 (2005)

#### 3.2.2.4 Determinação da resistência à tração na flexão e compressão

Após passarem por processo de cura por 28 dias em laboratório, os corpos-de-prova foram levados para empresa especializada na realização de ensaios da cidade de Recife, onde foram realizados os ensaios de resistência à tração na flexão com os corpos-de-prova inteiros e com as metades resultantes dos corpos-de-prova que passaram por este ensaio foi realizado o ensaio de resistência à compressão. Esse é o procedimento indicado pela norma NBR 13279 (ABNT, 2005b).

A Figura 10 mostra a realização do ensaio de resistência à tração na flexão, enquanto a Figura 11 ilustra o ensaio de resistência à compressão.

**Figura 10 - Ensaio de resistência à tração na flexão**



Fonte: Autora

**Figura 11 - Ensaio de resistência à compressão**



Fonte: Autora

A resistência à tração na flexão é calculada segundo a Equação 8:

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

Onde:

$R_f$  é a resistência à tração na flexão (MPa);

$F_f$  é a carga aplicada verticalmente no centro do prisma (N);

$L$  é a distância entre os suportes (mm).

O resultado obtido é classificado de acordo com NBR 13281 (ABNT, 2005d), conforme é descrito na Tabela 12.

**Tabela 12 – Requisitos de classificação pela NBR 13281 (ABNT, 2005d) para resistência à tração na flexão**

Classe	Resistência à tração na flexão (MPa)	Método de Ensaio
R1	≤ 1,5	ABNT NBR 13279:2005
R2	1,0 a 2,0	
R3	1,5 a 2,7	
R4	2,0 a 3,5	
R5	2,7 a 4,5	
R6	> 3,5	

Fonte: Adaptado de NBR 13.281 (2005)

A resistência à compressão é calculada segundo a Equação 9:

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

Onde:

$R_c$  é a resistência à compressão (MPa);

$F_c$  é a carga máxima aplicada (N).

O resultado obtido é classificado de acordo com NBR 13281 (ABNT, 2005d), conforme é descrito na Tabela 13.



**Tabela 13 – Requisitos de classificação pela NBR 13281 (ABNT, 2005d) para resistência à compressão**

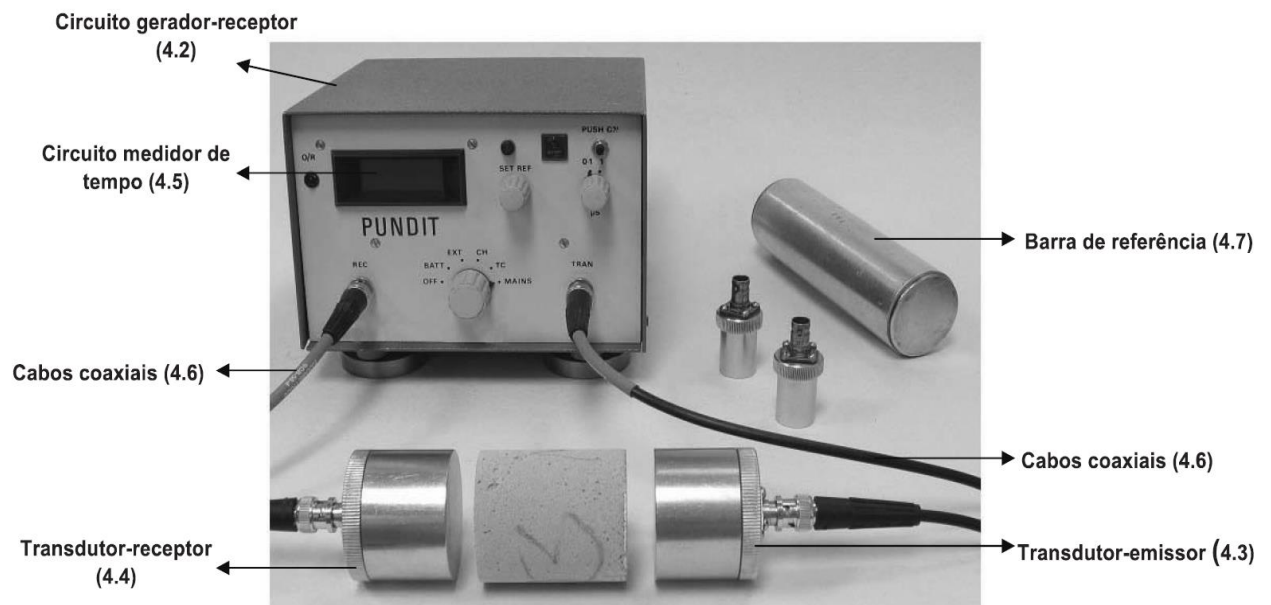
Classe	Resistência à compressão (MPa)	Método de Ensaio
P1	≤ 2,0	ABNT NBR 13279:2005
P2	1,5 a 3,0	
P3	2,5 a 4,5	
P4	4,0 a 6,5	
P5	5,5 a 9,0	
P6	> 8,0	

Fonte: Adaptado de NBR 13.281 (2005)

### 3.2.2.5 Determinação do módulo de elasticidade dinâmico

O módulo de elasticidade dinâmico é determinado através da propagação de onda ultrassônica, tendo como aparelhagem necessária o equipamento de ultrassom, exibido na Figura 12, e seus componentes: Circuito gerador-receptor, transdutor-emissor, transdutor receptor, circuito medidor de tempo, cabos coaxiais, barra de referência e gel.

**Figura 12 - Equipamento de ultrassom**



Fonte: NBR 15630 (2009)

O procedimento do ensaio consiste em primeiro determinar a densidade de massa aparente dos corpos-de-prova e verificar a regulagem do tempo medido no equipamento usando a barra de referência (Figura 13).

**Figura 13 - Regulagem do equipamento com barra de referência**



Fonte: Autora

Posteriormente, posiciona-se os transdutores centralizados nas faces opostas (4 cm x 4 cm) do corpo-de-prova e registra-se o menor tempo apresentado no mostrador digital para cada leitura. Devem ser feitas três leituras em cada corpo-de-prova e entre as três leituras realizadas deve ser considerada a menor. Os transdutores utilizados na realização do ensaio apresentavam diâmetro de 50 mm, como pode ser observado na Figura 14.

**Figura 14 - Material utilizado na determinação do módulo de elasticidade dinâmico**



Fonte: Autora

Com o tempo obtido no equipamento de ultrassom, calcula-se a velocidade de propagação de ondas através da Equação 11:

$$V = \frac{L}{t} \quad (10)$$

Onde:

V é a velocidade de propagação da onda ultrassônica (mm/μs);

L é a distância entre os pontos de acoplamentos dos transdutores (mm);

t é o tempo registrado pelo mostrador digital (μs).

Com a velocidade de propagação de onda ultrassônica, calcula-se o módulo de elasticidade dinâmico através da Equação 12:

$$E_d = V^2 \rho \frac{(1+\mu)(1-2\mu)}{1-\mu} \quad (11)$$

Onde:

$E_d$  é o módulo de elasticidade dinâmico (MPa);

V é a velocidade de propagação da onda ultrassônica (mm/μs);

$\rho$  é a densidade de massa aparente (kg/m<sup>3</sup>);

$\mu$  é o coeficiente de Poisson. Adota-se nesta equação o valor 0,2.

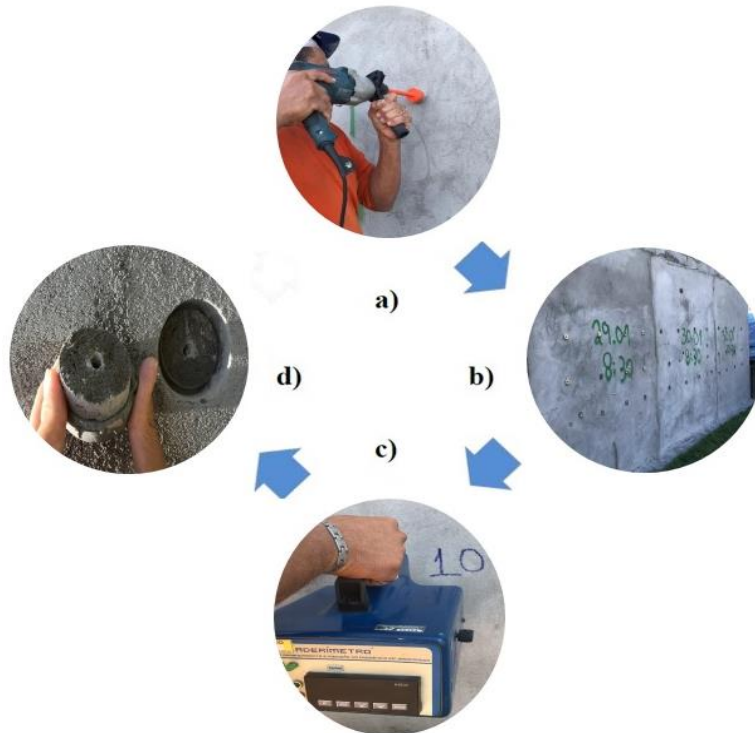
### 3.2.2.6 Determinação da resistência de aderência à tração

A aparelhagem e o método para a execução do ensaio de resistência de aderência à tração de argamassas são descritos na NBR 13528 (ABNT, 2010). Além do equipamento de tração, que deve permitir a aplicação contínua de carga e dispositivo para leitura da mesma, são necessárias pastilhas metálicas de seção circular (diâmetro de 50 mm); dispositivo de corte de revestimento (serra de copo); cola para ancoragem das pastilhas, à base de resina epóxi; materiais para sustentação das pastilhas durante a colagem (tiras de papelão flexível); escova para limpeza do revestimento; e paquímetro.

O ensaio foi realizado em obra, tendo como substrato blocos de concreto onde o revestimento foi diretamente aplicado sem a utilização de chapisco. O procedimento do ensaio consiste na imprimação da argamassa na base; execução do corte na argamassa delimitando os corpos-de-prova, o corte deve atingir até 5 mm do substrato; colagem das pastilhas nos corpos-de-prova

e; aplicação de esforço de tração até a ruptura nos corpos-de-prova na idade de 28 dias, tal procedimento é exibido na Figura 15.

**Figura 15 - Ensaio de resistência de aderência à tração**



Fonte: Autora

Para calcular a resistência de aderência à tração utiliza-se a Equação 10:

$$R_a = \frac{F}{A} \quad (12)$$

Onde:

$R_a$  é a resistência de aderência à tração (MPa);

F é a força de ruptura (N);

A é a área do corpo-de-prova (mm<sup>2</sup>).

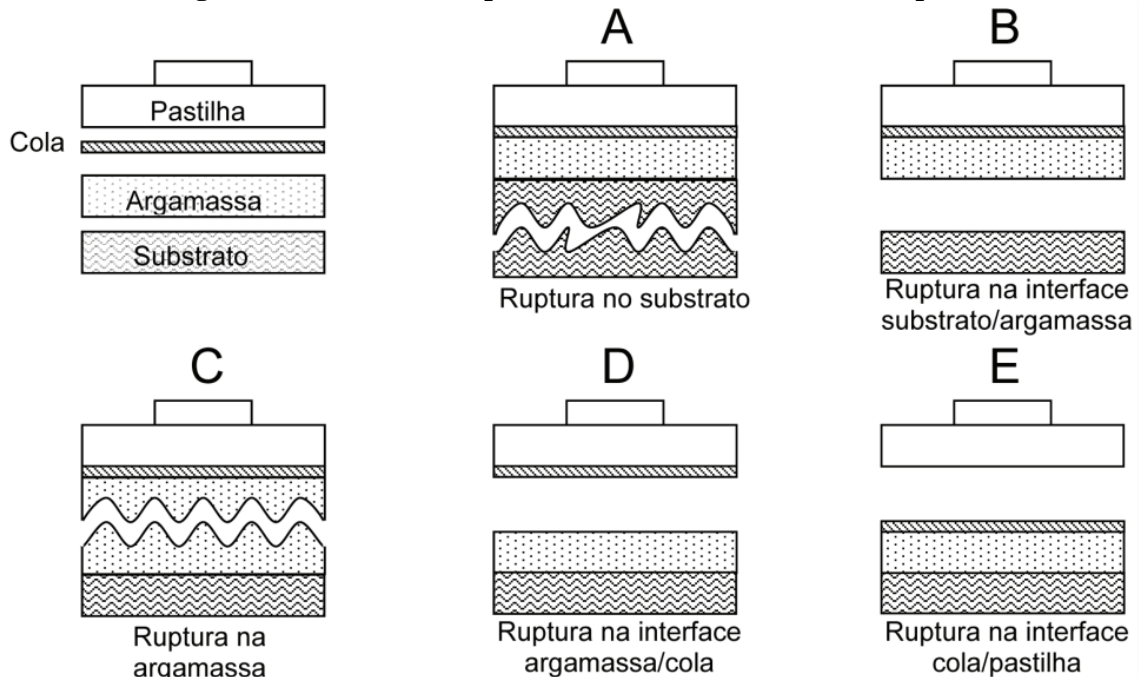
O resultado obtido é avaliado de acordo com NBR 13749 (ABNT, 2013), conforme é descrito na Tabela 14.

**Tabela 14 - Limites de resistência de aderência à tração (Ra) para emboço e camada única**

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

Fonte: Adaptado de NBR 13.749 (2013)

Além disso, segundo a NBR 13528 (ABNT, 2010), a forma de ruptura dos corpos-de-prova deve ser analisada e indicada em forma de porcentagem. As possíveis formas de ruptura para o caso dessa pesquisa são demonstradas na Figura 16.

**Figura 16 - Formas de ruptura de um revestimento sem chapisco**

Fonte: NBR 13528 (2010)

### 3.2.2.7 Microscopia eletrônica de varredura - MEV

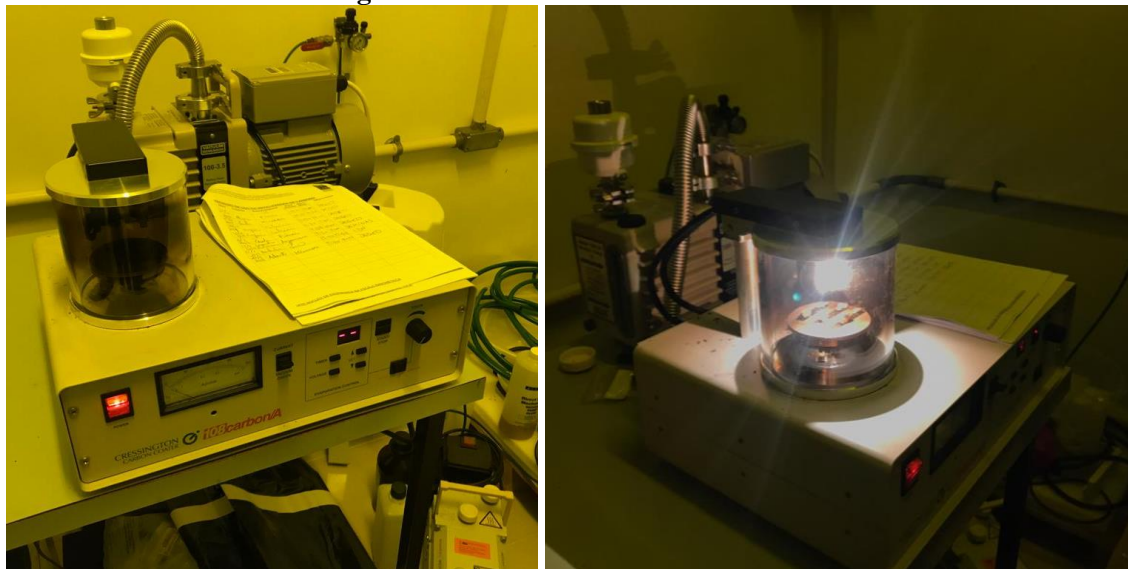
Para a realização da microscopia eletrônica de varredura (MEV), as amostras resultantes do ensaio de resistência à compressão foram levadas para o Laboratório de Dispositivos e Nanoestruturas da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, onde foram extraídas seis amostras menores para serem analisadas microscopicamente. As amostras foram obtidas através da fragmentação das amostras maiores para manter as características da superfície das

argamassas, conforme recomenda Barreto (2014). Foram analisadas amostras dos dois fornecedores, moldadas às 0 horas, 24 horas e 36 horas.

Segundo Barreto (2014), as amostras de argamassas cimentícias apresentam baixa condutividade térmica e elétrica, sendo necessário revesti-las com uma fina película condutora, com a finalidade de evitar a geração de cargas eletrostáticas danosas à qualidade da imagem.

Para revestir as amostras foi utilizada a técnica de revestimento de carbono por deposição utilizando o equipamento Carbon coater TEDPELLA, como mostra a Figura 17.

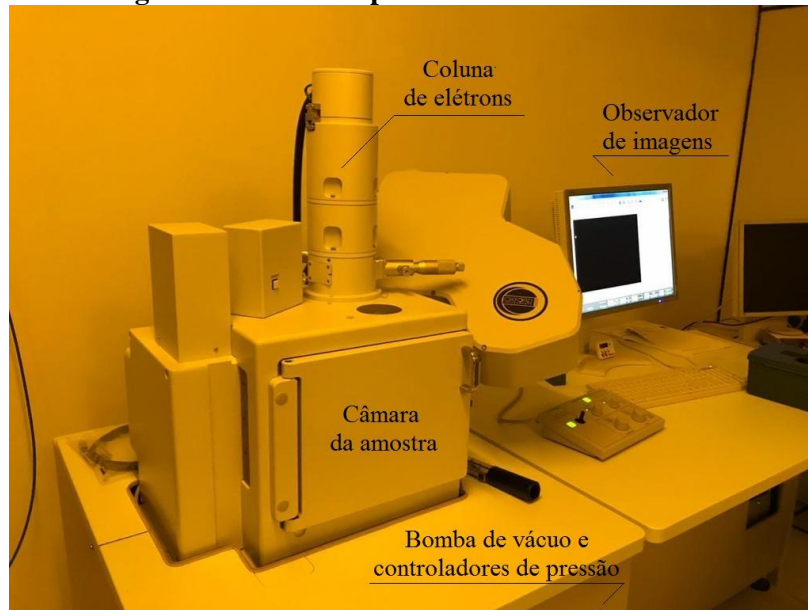
**Figura 17 - Processo de recobrimento**



Fonte: Autora

Após o recobrimento, as amostras foram analisadas utilizando o microscópio JEOL 6460, como pode ser observado na Figura 18.

**Figura 18 - Microscópio eletrônico de varredura**



Fonte: Autora

### **3.3 Análises estatísticas**

Com a intenção de verificar se existem diferenças significativas entre os materiais fornecidos pelos diferentes fornecedores em determinado tempo, foram realizadas análises estatísticas através do teste t, utilizado para comparação entre tratamentos (AE-F1 e AE-F2), adotando-se nível de significância de 5%.

Posteriormente, para avaliar se existem influências significativas do tempo de estabilização (0 hora, 24 horas e 36 horas) nas propriedades analisadas com o material de cada fornecedor, empregou-se a análise de variância (ANOVA), a um nível de significância de 5%.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados, analisados e comparados os resultados obtidos através dos ensaios realizados nas argamassas de (02) dois fornecedores, produzidas para um tempo de estabilização de 36 horas, no estado fresco e no estado endurecido.

### 4.1 Propriedades no estado fresco

As argamassas em seu estado fresco foram submetidas aos ensaios de determinação do índice de consistência e da densidade de massa e do teor de ar incorporado de acordo com a metodologia presente na normalização brasileira.

#### 4.1.1 Índice de consistência

Os resultados obtidos no ensaio de determinação do índice de consistência ao longo do tempo de estabilização de 36 horas para os dois fornecedores, realizado conforme especificações da NBR 13276 (ABNT, 2016), encontram-se expostos na Tabela 15. Além disso, foram calculados os desvios padrões e coeficientes de variação para cada fornecedor ao longo do tempo e entre os dois fornecedores no mesmo tempo de estabilização.

**Tabela 15 - Índice de consistência (mm)**

	0 hora	24 horas	36 horas	DP	CV
<b>AE-F1</b>	223	245	233	11,02	5%
<b>AE-F2</b>	242	235	248	6,51	3%
<b>DP</b>	13,44	7,07	10,61		
<b>CV</b>	6%	3%	4%		

Fonte: Autora

Nota-se pela Tabela 15 que a maior variação do índice de consistência entre os materiais dos dois fornecedores ocorreu no tempo de 0 hora, como pode ser confirmado pelo maior coeficiente de variação. Quando avalia-se a variação do índice de consistência ao longo do tempo de estabilização, nota-se que a argamassa do fornecedor 1 apresenta maior variação quando comparada à argamassa do fornecedor 2.

Sabendo que o coeficiente de variação não é eficiente para avaliar se a variação de uma propriedade é significativa, indicando somente entre quais tratamentos foi maior a variação, e



com a intenção de analisar a hipótese  $H_0^2$  de que em média as consistências dos materiais fornecidos pelos dois fornecedores são iguais para determinada hora, foram realizadas análises estatísticas, através do teste  $t^3$ , conforme pode ser observado na Tabela 16.

**Tabela 16 - Comparação entre consistências médias dos fornecedores - teste t**

	0 hora		24 horas		36 horas	
	AE-F1	AE-F2	AE-F1	AE-F2	AE-F1	AE-F2
Média	223	242	245	235	233	248
$\alpha$	0,05		0,05		0,05	
gl	4		4		4	
Variância agregada	4,67		23,33		6,83	
Valor t	-10,96		2,54		-7,03	
tc	-2,77/2,77		-2,77/2,77		-2,77/2,77	
Valor-p	0,000394		0,06429		0,00216	
Decisão	<b>Rejeita <math>H_0</math></b>		<b>Aceita <math>H_0</math></b>		<b>Rejeita <math>H_0</math></b>	

Nota: Valor t: Valor calculado pelo teste t; tc: Valor t crítico; valor-p: probabilidade

Fonte: Autora

Com os resultados observados pode-se afirmar que no tempo de 0 hora e 36 horas (Valor- $p^4 < 0,05$ ) houve variação significativa entre as consistências médias dos materiais fornecidos pelos dois fornecedores, contudo, em 24 horas de estabilização não há comprovação estatística suficiente para afirmar que as consistências médias observadas são diferentes.

Analisando a hipótese  $H_0$  de que em média as consistências dos materiais fornecidos pelos fornecedores são iguais ao longo do tempo, foram realizadas análises estatísticas de variância (ANOVA<sup>5</sup>), conforme pode ser observado na Tabela 17.

<sup>2</sup> Hipótese  $H_0$ : Hipótese da nulidade. Caso rejeitada confirma a hipótese científica de que há variação entre as médias.

<sup>3</sup> Teste t: Desenvolvido por Willian Sealy Gosset em 1908, utilizado para realizar comparações entre duas médias.

<sup>4</sup> Valor-p: probabilidade de se errar ao rejeitar  $H_0$ . Se o valor p é menor que o nível de significância, conclui-se que o correto é rejeitar a hipótese de nulidade.

<sup>5</sup> ANOVA: Análise de variância usada para comparar a média de população amostral identificando se essas médias diferem significativamente entre elas. Diferencia-se de outros testes de hipótese porque compara a média de mais de duas amostras.

**Tabela 17 - Comparação entre consistências médias ao longo do tempo - ANOVA**

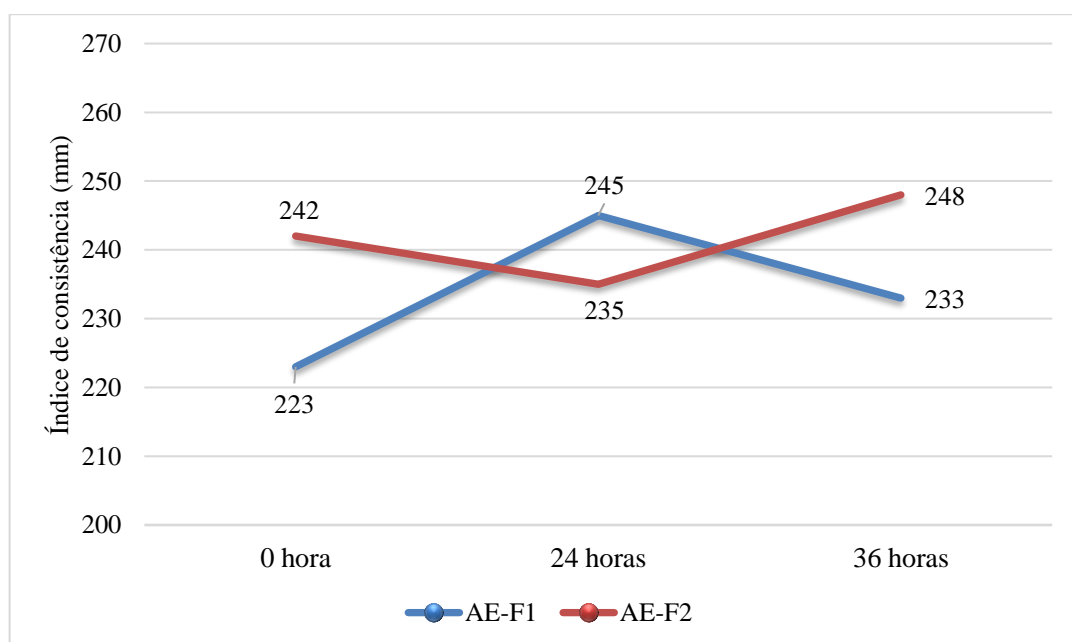
AE-F1							
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	Decisão
Entre grupos	749,556	2	374,778	54,403	0,000143	5,143	<b>Rejeita H0</b>
Dentro dos grupos	41,333	6	6,889				
Total	790,889	8					
AE-F2							
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	Decisão
Entre grupos	254	2	127	7,776	0,02158	5,143	<b>Rejeita H0</b>
Dentro dos grupos	98	6	16,333				
Total	352	8					

Nota: F: Valor calculado pelo teste ANOVA; Fc: Valor F crítico; valor-p: probabilidade

Fonte: Autora

Pela análise de variância é possível afirmar que houve variação significativa entre as consistências médias dos materiais fornecidos pelos dois fornecedores ao longo do tempo de estabilização, visto o valor  $p < 0,05$ .

No Gráfico 1, que demonstra o comportamento das amostras dos dois fornecedores com o tempo, percebe-se que o comportamento das amostras ao longo do tempo é diferente. A argamassa do fornecedor 1 obteve ganho no índice de consistência no tempo de 24 horas e posteriormente, houve a redução nesse índice às 36 horas. O contrário ocorreu com a argamassa do fornecedor 2, que teve redução no índice de consistência no tempo de 24 horas e posterior aumento no tempo de 36 horas.

**Gráfico 1 - Comportamento do índice de consistência**

Fonte: Autora

Comportamento semelhante ao da argamassa do fornecedor 1 foi observado no estudo de Dachery (2015), no qual foi analisada uma argamassa de 72 horas de estabilização. A autora afirma que no momento da entrega a argamassa encontrava-se mais seca e com o processo de estabilização tendeu a ficar mais fluida, porém, ao passar as 72 horas, houve a perda do índice de consistência, o que pode estar relacionado ao tempo de utilização da argamassa.

Já Trevisol Jr; Portella; Bragança (2015); Turra (2016); Kebhard e Kazmierczak (2017) e Heinen *et al.* (2018), que também avaliaram como o índice de consistência se comporta ao longo do tempo de estabilização, obtiveram em seus estudos resultados que mostram a tendência de a argamassa estabilizada perder consistência ao longo do tempo de espera para sua aplicação, como pode ser observado na Tabela 18.

**Tabela 18 - Estudos do índice de consistência ao longo do tempo**

Autor / Ano	Consistência da argamassa (mm)					
	0 hora	4 horas	24 horas	36 horas	48 horas	72 horas
Autora (2020)	AE-F1: 223 AE-F2: 242		AE-F1: 245 AE-F2: 235	AE-F1: 233 AE-F2: 248		
Trevisol Jr; Portella; Bragança (2015)	287,0	285,3	274,0	270,7	265,3	
Turra (2016)	227,5		222,5		212,5	197,5
Kebhard e Kazmierczak (2017)		263,0	253,0	242,0		
Heinen <i>et al.</i> (2018)	310,0			258,0		

Fonte: Autora

Mesmo com a perda de consistência apresentada, os autores citados afirmam que as condições de trabalhabilidade das argamassas não foram comprometidas. Visto que os resultados encontrados nesta pesquisa se enquadram dentro da variação sofrida nos estudos apresentados na Tabela 18, pode-se dizer que as argamassas analisadas obtiveram trabalhabilidade adequada, além de não apresentarem o comportamento apontado como desvantajoso por Hermann; Rocha (2013) de perder fluidez ao longo do tempo.

Quando comparada a outros tipos de argamassa, como a convencional e a industrializada, a argamassa estabilizada apresenta a menor perda de consistência, como foi apresentado no estudo de Trevisol Jr; Portella; Bragança (2015), em que a argamassa convencional perdeu 23,45% de consistência, a industrializada perdeu 16,84% em um lote e 19,74% em outro lote, todas em duas horas, e a argamassa estabilizada perdeu somente 7,55% de consistência em 48 horas.

Segundo Cardoso (2009), diversos fatores influenciam nas propriedades do estado fresco da argamassa. A distribuição granulométrica, por exemplo, é uma característica dos agregados com significativa influência sobre o empacotamento das partículas e, conseqüentemente, sobre as propriedades finais e comportamento reológico.

#### 4.1.2 Densidade de massa e teor de ar incorporado

Os resultados obtidos no ensaio de determinação da densidade de massa ao longo do tempo de estabilização de 36 horas para os dois fornecedores, realizado conforme especificações da NBR 13278 (ABNT, 2005a), encontram-se expostos na Tabela 19. Além disso, foram calculados os desvios padrões e coeficientes de variação para cada fornecedor ao longo do tempo e entre os dois fornecedores no mesmo tempo de estabilização.

**Tabela 19 - Densidade de massa (kg/m<sup>3</sup>)**

	0 hora	24 horas	36 horas	DP	CV
<b>AE-F1</b>	1767,05	1811,97	1793,51	22,58	1%
<b>AE-F2</b>	1845,71	1882,04	1876,24	19,52	1%
<b>DP</b>	55,62	49,55	58,50		
<b>CV</b>	3%	3%	3%		

Fonte: Autora

Quando comparada ao tempo inicial, a densidade de massa no estado fresco das argamassas dos dois fornecedores sofreu aumento, porém, através do desvio padrão e do coeficiente de variação acredita-se que a variação sofrida é pequena. Para avaliar se os resultados obtidos em todos os tempos e para os dois fornecedores sofreram variação significativa, foi realizado o teste de variância ANOVA exposto na Tabela 20.

**Tabela 20 - Comparação entre as densidades de massa em todos os tempos e entre fornecedores - ANOVA**

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	Decisão
Entre grupos	1739,662	2	869,8309	0,29089	0,766538	9,552094	<b>Aceita H0</b>
Dentro dos grupos	8970,727	3	2990,242				
Total	10710,39	5					

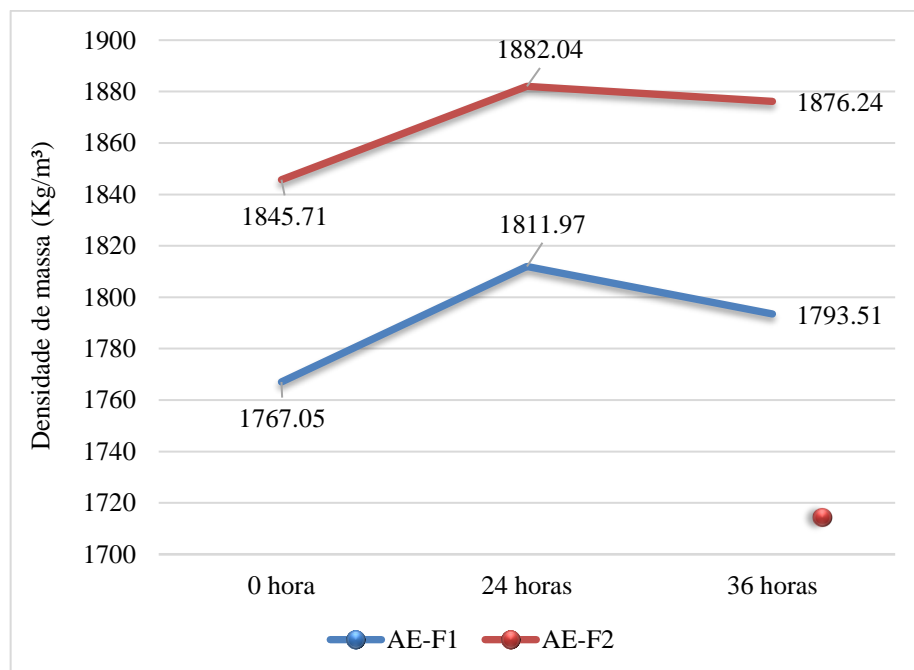
Nota: F: Valor calculado pelo teste ANOVA; Fc: Valor F crítico; valor-p: probabilidade

Fonte: Autora

Pela análise de variância constata-se que não há diferença significativa entre os resultados de densidade de massa dos materiais fornecidos pelos dois fornecedores ao longo do tempo de estabilização, visto o valor  $p > 0,05$ .

Nota-se que a argamassa do fornecedor 2 se mostrou mais densa em relação a argamassa do fornecedor 1, o fato pode ter relação com o traço e com a quantidade de teor de ar incorporado, já que conter materiais mais densos e/ou possuir menor percentual de ar incorporado acarreta em argamassas mais densas.

Apesar disso, como pode ser observado no Gráfico 2, as duas argamassas analisadas apresentaram comportamento semelhante para a densidade de massa levando-se em consideração todo o tempo de utilização.



**Gráfico 2 - Comportamento da densidade de massa**

Fonte: Autora

Apesar do comportamento observado para os dois fornecedores ser semelhante, o mesmo não era esperado pela autora, visto que difere do comportamento obtido nos trabalhos de Dachery (2015); Turra (2016); Kebhard e Kazmierczak (2017) e Heinen *et al.* (2018) em que a argamassa estabilizada apresenta a tendência de se tornar mais densa ao longo do tempo de estabilização (Tabela 21).

**Tabela 21 - Resultados de ensaios de densidade de massa**

Autor / Ano	Densidade de massa (kg/m <sup>3</sup> )				
	0 hora	24 horas	36 horas	48 horas	72 horas
Autora (2020)	AE-F1: 1767 AE-F2: 1846	AE-F1: 1812 AE-F2: 1882	AE-F1: 1794 AE-F2: 1876		
Dachery (2015)	1777	1860		1894	1930
Turra (2016)	1775	1787		1812	1837
Kebhard e Kazmierczak (2017)		1840	1865		
Heinen <i>et al.</i> (2018)	1745		1755		

Fonte: Autora

De acordo com NBR 13281 (ABNT, 2005d), a argamassa do fornecedor 1 pode ser classificada na classe D4 nos tempos de 0 hora e 36 horas, sendo a argamassa ensaiada às 24 horas classificada como D5, assim como a argamassa do fornecedor 2 em todos os tempos de estabilização, conforme Tabela 22.

**Tabela 22 - Classificação pela NBR 13281 (ABNT, 2005d) para densidade de massa no estado fresco**

Classe	Densidade de massa no estado fresco (kg/m <sup>3</sup> )	Classificação
D1	≤ 1400	
D2	1200 a 1600	
D3	1400 a 1800	
D4	1600 a 2000	AE-F1 0 hora AE-F1 36 horas
D5	1800 a 2200	AE-F1 24 horas AE-F2 0 hora AE-F2 24 horas AE-F2 36 horas
D6	> 2000	

Fonte: Adaptado de NBR 13.281 (2005)

Para o teor de ar incorporado, obtido também segundo instruções da NBR 13278 (ABNT, 2005a), os resultados encontram-se expostos na Tabela 23. Além disso, foram calculados os desvios padrões e coeficientes de variação para cada fornecedor ao longo do tempo e entre os dois fornecedores no mesmo tempo de estabilização.

**Tabela 23 - Teor de ar incorporado (%)**

	0 hora	24 horas	36 horas	DP	CV
<b>AE-F1</b>	26	24	24	1,15	5%
<b>AE-F2</b>	22	20	21	1,00	5%
<b>DP</b>	2,83	2,83	2,12		
<b>CV</b>	12%	13%	9%		

Fonte: Autora

Em relação ao teor de ar incorporado, seu comportamento era esperado, visto que o teor de ar incorporado e a densidade de massa são grandezas inversamente proporcionais. A argamassa do fornecedor 1 apresenta maior valor de teor de ar incorporado quando comparado à argamassa do fornecedor 2, o que justifica a sua menor densidade de massa, conforme hipótese levantada na análise desta propriedade.

A maior quantidade de teor de ar incorporado na argamassa do fornecedor 1 pode ser explicada pela maior quantidade de incorporador de ar adicionado à mistura, quando comparado à quantidade do fornecedor 2 e, além disso, por sua usina se localizar mais distante, o tempo de mistura também é maior e pode contribuir para a maior incorporação de ar, segundo Jantsch (2015).

Através das medidas de dispersão expostas na Tabela 23, supõe-se uma variação considerável do teor de ar incorporado entre as argamassas dos dois fornecedores em todos os tempos de estabilização. Para confirmar essa hipótese foi realizada a análise de variância dos dados que se encontram na Tabela 24.

**Tabela 24 - Comparação entre teores de ar incorporado em todos os tempos e entre fornecedores - ANOVA**

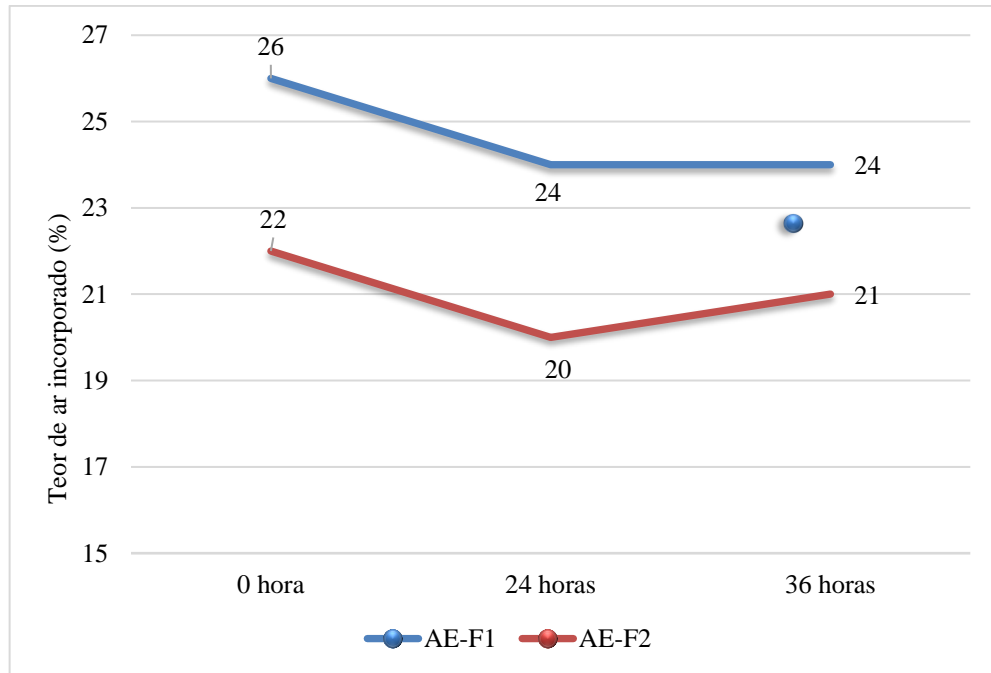
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	Decisão
Entre grupos	3,097633	2	1,548817	0,236378	0,802917	9,552094	<b>Aceita H<sub>0</sub></b>
Dentro dos grupos	19,6569	3	6,5523				
Total	22,75453	5					

Nota: F: Valor calculado pelo teste ANOVA; Fc: Valor F crítico; valor-p: probabilidade

Fonte: Autora

Pela análise de variância, diferente do suposto pelos coeficientes de variação obtidos, constata-se que não há diferença significativa entre os resultados de teor de ar incorporado dos materiais fornecidos pelos dois fornecedores ao longo do tempo de estabilização, visto o valor  $p > 0,05$ .

No Gráfico 3 é exposto o comportamento do teor de ar incorporado para cada fornecedor ao longo do tempo de estabilização.



**Gráfico 3 - Comportamento do teor de ar incorporado**

Fonte: Autora

Os teores de ar incorporado neste estudo são semelhantes aos encontrados para argamassa estabilizada de 48 horas estudada por Trevisol Jr; Portella; Bragança (2015), como pode ser observado na Tabela 25. Na mesma tabela também é possível notar a tendência apresentada nos trabalhos destes autores e de outros como: Turra (2016) e Kebhard e Kazmierczak (2017) de a argamassa estabilizada perder ar incorporado ao longo do tempo de estabilização.

**Tabela 25 - Resultados de ensaios de teor de ar incorporado**

Autor / Ano	Teor de ar incorporado (%)				
	0 hora	24 horas	36 horas	48 horas	72 horas
Autora (2020)	AE-F1: 26 AE-F2: 22	AE-F1: 24 AE-F2: 20	AE-F1: 24 AE-F2: 21		
Trevisol Jr; Portella; Bragança (2015)	24,9	20,9	20,2	18,5	
Turra (2016)	20,5	20,0		18,9	17,8
Kebhard e Kazmierczak (2017)		18,5	17,2		

Fonte: Autora

Os teores de ar incorporado neste estudo são altos em relação aos obtidos para argamassa convencional, conforme demonstra o trabalho de Trevisol Jr; Portella; Bragança (2015) onde o teor de ar incorporado em uma argamassa convencional sofreu redução de 10,27% para 6,37% 2 horas após a sua produção.



### 4.1.3 Resumo dos resultados no estado fresco

Na Tabela 26 são expostos os resultados das propriedades no estado fresco das argamassas dos dois fornecedores, analisadas às 0 h, 24 h e 36 h.

**Tabela 26 - Resumo das propriedades no estado fresco**

Propriedade	AE-F1 0 hora	AE-F1 24 horas	AE-F1 36 horas	AE-F2 0 hora	AE-F2 24 horas	AE-F2 36 horas
Consistência (mm)	223	245	233	242	235	248
Densidade de massa (Kg/m <sup>3</sup> )	1767,05	1811,97	1793,51	1845,71	1882,04	1876,24
Teor de ar incorporado (%)	26	24	24	22	20	21

Fonte: Autora

## 4.2 Propriedades no estado endurecido

No estado endurecido as argamassas foram submetidas a ensaios para determinação da densidade de massa aparente, da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade, de resistência à tração na flexão e à compressão, da resistência de aderência à tração, além de ensaio microscópico para análise morfológica das argamassas.

### 4.2.1 Densidade de massa aparente no estado endurecido

Os resultados obtidos no ensaio de determinação da densidade de massa aparente ao longo do tempo de estabilização de 36 horas para os dois fornecedores, realizado conforme especificações da NBR 13280 (ABNT, 2005c), encontram-se expostos na Tabela 27. Além disso, foram calculados os desvios padrões e coeficientes de variação para cada fornecedor ao longo do tempo e entre os dois fornecedores no mesmo tempo de estabilização.

**Tabela 27 - Densidade de massa aparente (kg/m<sup>3</sup>)**

	0 hora	24 horas	36 horas	DP	CV
AE-F1	1663	1712	1667	27,21	2%
AE-F2	1721	1746	1758	18,88	1%
DP	41,01	24,04	64,35		
CV	2%	1%	4%		

Fonte: Autora

Nota-se pela Tabela 27 que a maior variação da densidade de massa aparente entre os materiais dos dois fornecedores ocorreu no tempo de 36 horas, como pode ser confirmado

pelo maior coeficiente de variação. Quando avalia-se a variação da densidade de massa aparente ao longo do tempo de estabilização, nota-se que a argamassa do fornecedor 1 apresenta maior variação quando comparada à argamassa do fornecedor 2.

Sabendo que o coeficiente de variação não é eficiente para avaliar se a variação de uma propriedade é significativa, indicando somente entre quais tratamentos foi maior a variação, e com a intenção de analisar a hipótese H0 de que em média as densidades de massa aparente dos materiais fornecidos pelos dois fornecedores são iguais para determinada hora, foram realizadas análises estatísticas, através do teste t, conforme pode ser observado na Tabela 28.

**Tabela 28 - Comparação entre densidades de massa aparente médias dos fornecedores - teste t**

	0 hora		24 horas		36 horas	
	AE-F1	AE-F2	AE-F1	AE-F2	AE-F1	AE-F2
Média	1663	1721	1712	1746	1667	1758
$\alpha$	0,05		0,05		0,05	
gl	4		4		4	
Variância agregada	392		38,67		580,83	
Valor t	-3,59		-6,76		-4,66	
tc	-2,77/2,77		-2,77/2,77		-2,77/2,77	
Valor-p	0,023006		0,002494		0,009601	
Decisão	<b>Rejeita H0</b>		<b>Rejeita H0</b>		<b>Rejeita H0</b>	

Nota: Valor t: Valor calculado pelo teste t; tc: Valor t crítico; valor-p: probabilidade

Fonte: Autora

Com os resultados observados pode-se afirmar que em todos os tempos de estabilização houve variação significativa entre as densidades de massa aparente médias dos materiais fornecidos pelos dois fornecedores, visto o valor  $p < 0,05$ .

Analisando a hipótese H0 de que em média as densidades de massa aparente dos materiais fornecidos pelos fornecedores são iguais ao longo do tempo, foram realizadas análises estatísticas de variância (ANOVA), conforme pode ser observado na Tabela 29.

**Tabela 29 - Comparação entre densidades de massa aparente médias ao longo do tempo - ANOVA**

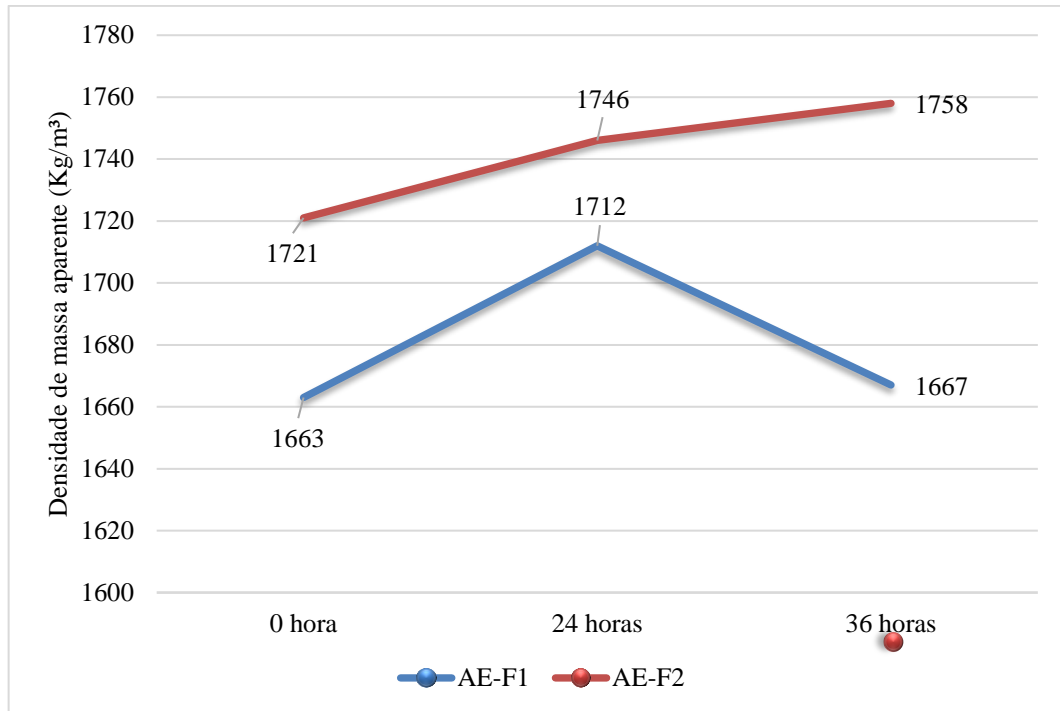
AE-F1							
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	Decisão
Entre grupos	4406,889	2	2203,444	5,941	0,037775	5,143	<b>Rejeita H0</b>
Dentro dos grupos	2225,333	6	370,889				
Total	6632,222	8					
AE-F2							
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	Decisão
Entre grupos	2170,889	2	1085,444	3,577	0,094899	5,143	<b>Aceita H0</b>
Dentro dos grupos	1820,667	6	303,444				
Total	3991,556	8					

Nota: F: Valor calculado pelo teste ANOVA; Fc: Valor F crítico; valor-p: probabilidade

Fonte: Autora

Pela análise de variância é possível afirmar que houve variação significativa entre as densidades de massa aparente médias do material do fornecedor 1 ao longo do tempo de estabilização, visto o valor  $p < 0,05$ . O mesmo não pode-se afirmar sobre o material do fornecedor 2, em que o valor  $p$  é maior que 0,05 indicando a homogeneidade entre as densidades de massa aparente em todos os tempos de estabilização.

Através do Gráfico 4 é possível perceber uma mudança no comportamento da argamassa do fornecedor 2 ao longo do tempo de estabilização. No estado fresco, a densidade de massa das argamassas dos dois fornecedores sofre um aumento às 24 horas e posteriormente é reduzida às 36 horas. O mesmo é observado para a argamassa do fornecedor 1 no estado endurecido. A argamassa do fornecedor 2 sofre apenas aumento de densidade de massa aparente ao longo do tempo.



**Gráfico 4 - Comportamento da densidade de massa aparente**

Fonte: Autora

No trabalho de Machado (2018), que também analisou argamassas estabilizadas de 2 fornecedores diferentes, as argamassas mostraram a tendência de perder densidade de massa aparente do dia 1 para o dia 2. No estudo elaborado por Dachery (2015), uma argamassa de 72 horas de estabilização se comportou de maneira inversa em relação ao comportamento da argamassa do fornecedor 1 deste trabalho, sofrendo redução da densidade de massa aparente e posterior aumento até o tempo de 72 horas, como pode ser observado na Tabela 30.

**Tabela 30 - Resultados de ensaios de densidade de massa aparente (kg/m³)**

Autor / Ano	Densidade de massa aparente (kg/m³)				
	0 hora	24 horas	36 horas	48 horas	72 horas
Autora (2020)	AE-F1: 1663 AE-F2: 1721	AE-F1: 1712 AE-F2: 1746	AE-F1: 1667 AE-F2: 1758		
Dachery (2015)	1656	1618		1665	1711
Machado (2018)	Arg. A – 1782 Arg. B – 1705	Arg. A – 1715 Arg. B – 1670			

Fonte: Autora

Apesar da falta de homogeneidade no comportamento apresentado pelas argamassas dos dois fornecedores, as duas argamassas são classificadas, em todos os tempos de análise, como de classe M5, conforme Tabela 31.

**Tabela 31 - Classificação pela NBR 13281 (ABNT, 2005d) para densidade de massa aparente no estado endurecido**

Classe	Densidade de massa aparente no estado endurecido (kg/m <sup>3</sup> )	Classificação
M1	≤ 1200	
M2	1000 a 1400	
M3	1200 a 1600	
M4	1400 a 1800	
M5	1600 a 2000	AE-F1 0 hora AE-F1 24 horas AE-F1 36 horas AE-F2 0 hora AE-F2 24 horas AE-F2 36 horas
M6	> 1800	

Fonte: Adaptado de NBR 13.281 (2005)

#### 4.2.2 Absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade

Os resultados obtidos no ensaio de determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade ao longo do tempo de estabilização de 36 horas para os dois fornecedores, realizado conforme especificações da NBR 15259 (ABNT, 2005e), encontram-se expostos na Tabela 32.

**Tabela 32 - Absorção de água por capilaridade (g/cm<sup>2</sup>) e coeficiente de capilaridade (g/dm<sup>2</sup>.min<sup>1/2</sup>)**

	Absorção de água por capilaridade		Coeficiente de capilaridade (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )
	10 min	90 min	
AE-F1 – 0 hora	0,06	0,13	0,9
AE-F1 – 24 horas	0,06	0,13	0,9
AE-F1 – 36 horas	0,23	0,47	4,9
AE-F2 – 0 hora	0,05	0,10	0,9
AE-F2 – 24 horas	0,06	0,14	1,0
AE-F2 – 36 horas	0,12	0,14	0,3

Fonte: Autora

As argamassas dos 02 (dois) fornecedores apresentaram a tendência de aumento da absorção de água nos momentos de 10 min e 90 min com o aumento do tempo de estabilização. Porém, em relação ao coeficiente de capilaridade (grandeza que leva em consideração as determinações realizadas aos 10 min e 90 min) as argamassas apresentaram comportamento diferente. A argamassa do fornecedor 1 apresentou grande aumento do coeficiente de

capilaridade para os corpos de prova moldados às 36 horas, por ser um valor bastante elevado aponta-se a possibilidade de inconsistência no resultado para esse momento, enquanto a argamassa do fornecedor 2 reduziu o coeficiente de capilaridade para corpos de prova moldados no mesmo tempo de estabilização.

Com a intenção de analisar a hipótese  $H_0$  de que em média os coeficientes de capilaridade dos materiais fornecidos pelos dois fornecedores são iguais para determinada hora, foram realizadas análises estatísticas, através do teste t, conforme pode ser observado na Tabela 33. Destaca-se que a análise estatística foi realizada levando em consideração todos os resultados obtidos no ensaio, inclusive os que foram desconsiderados na obtenção do coeficiente de capilaridade médio, devido os desvios terem sido superiores aos estabelecidos pela NBR 15259 (ABNT, 2005e).

**Tabela 33 - Comparação entre coeficientes de capilaridade médios dos fornecedores - teste t**

	0 hora		24 horas		36 horas	
	AE-F1	AE-F2	AE-F1	AE-F2	AE-F1	AE-F2
Média	1,1	0,8	1,1	1,3	3,8	0,4
$\alpha$	0,05		0,05		0,05	
gl	4		4		4	
Variância agregada	0,08		0,33		1,8	
Valor t	1,31		-0,5		3,1	
tc	-2,77/2,77		-2,77/2,77		-2,77/2,77	
Valor-p	0,259507		0,64333		0,036039	
Decisão	<b>Aceita <math>H_0</math></b>		<b>Aceita <math>H_0</math></b>		<b>Rejeita <math>H_0</math></b>	

Nota: Valor t: Valor calculado pelo teste t; tc: Valor t crítico; valor-p: probabilidade

Fonte: Autora

Com os resultados observados pode-se afirmar que não existem evidências estatísticas suficientes para afirmar que nos tempos de 0 hora e 24 horas de estabilização houve variação significativa entre os coeficientes de capilaridade médios dos materiais fornecidos pelos dois fornecedores, visto o valor  $p > 0,05$ , contudo, no tempo de 36 horas pode-se afirmar que a variação entre os coeficientes de capilaridade médios dos materiais fornecidos pelos dois fornecedores é significativa, visto o valor  $p < 0,05$ .

Analisando a hipótese  $H_0$  de que em média os coeficientes de capilaridade dos materiais fornecidos pelos fornecedores são iguais ao longo do tempo, foram realizadas análises estatísticas de variância (ANOVA), conforme pode ser observado na Tabela 34.

**Tabela 34 - Comparação entre coeficientes de capilaridade médios ao longo do tempo - ANOVA**

AE-F1							
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	Decisão
Entre grupos	14,402	2	7,201	5,587	0,042641	5,143	<b>Rejeita H0</b>
Dentro dos grupos	7,733	6	1,289				
Total	22,136	8					
AE-F2							
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	Decisão
Entre grupos	1,416	2	0,708	3,932	0,081053	5,143	<b>Aceita H0</b>
Dentro dos grupos	1,08	6	0,18				
Total	2,496	8					

Nota: F: Valor calculado pelo teste ANOVA; Fc: Valor F crítico; valor-p: probabilidade

Fonte: Autora

Pela análise de variância é possível afirmar que houve variação significativa entre os coeficientes de capilaridade médios do material do fornecedor 1 ao longo do tempo de estabilização, visto o valor  $p < 0,05$ . O mesmo não pode-se afirmar sobre o material do fornecedor 2, em que o valor  $p$  é maior que 0,05 indicando a homogeneidade entre os coeficientes de capilaridade em todos os tempos de estabilização.

Os resultados obtidos neste ensaio não eram esperados e contradizem pesquisadores como Ramachandran (1984), Bortoluzzo (1999), Alves (2002) e Araújo (2004) que afirmam que argamassas com traços mais pobres em cimento apresentam maior absorção por capilaridade.

Segundo os requisitos mencionados na NBR 13281 (ABNT, 2005d), o coeficiente de capilaridade da argamassa do fornecedor 1 se classifica como C1 nos tempos de 0 hora e 24 horas e a do fornecedor nos tempos de 0 hora e 36 horas. A argamassa do fornecedor 2 moldada às 24 horas se enquadra na classe C2 e a argamassa do fornecedor 1 moldada às 36 horas, que apresentou valor discrepante, se enquadra na classe C4 confirmando a grande variação sofrida, conforme Tabela 35.

**Tabela 35 - Classificação pela NBR 13281 (ABNT, 2005d) para coeficiente de capilaridade**

Classe	Coeficiente de capilaridade (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )	Classificação
C1	≤ 1,5	AE-F1 0 hora AE-F1 24 horas AE-F2 0 hora AE-F2 36 horas
C2	1,0 a 2,5	AE-F2 24 horas
C3	2,0 a 4,0	
C4	3,0 a 7,0	AE-F1 36 horas
C5	5,0 a 12,0	
C6	> 10,0	

Fonte: Adaptado de NBR 13.281 (2005)

O coeficiente de capilaridade obtido para o fornecedor 1 no tempo de 36 horas pode ser considerado crítico, segundo Rodrigues Filho (2013). O autor afirma que valores acima de 3 (g/dm<sup>2</sup>.min<sup>1/2</sup>) podem ser críticos para fachadas de revestimento argamassado submetidas diretamente à incidência de chuva.

#### **4.2.3 Resistência à tração na flexão e à compressão**

A partir do ensaio realizado segundo instruções da NBR 13279 (ABNT, 2005b), foi possível obter tanto a resistência à tração na flexão quanto a resistência à compressão das argamassas dos 02 (dois) fornecedores ao longo do tempo de utilização.

Na Tabela 36 pode-se observar os resultados médios de resistência à tração na flexão obtidos no ensaio, juntamente com os desvios padrões e coeficientes de variação calculados, e nas Tabelas 58 e 59 do apêndice são expostos todos os valores obtidos e os desvios absolutos máximos.

Os resultados iniciais obtiveram desvio absoluto máximo maior que 0,3 MPa para dois corpos de prova: um na argamassa de 0 hora do fornecedor 1 e outro na argamassa de 24 horas do fornecedor 2. Conforme determina a NBR 13279 (ABNT, 2005b), quando isto ocorre o valor discrepante deve ser excluído dos cálculos, refazendo a média e verificando novamente o novo desvio. Para que a nova média seja válida, deve incluir pelo menos 2 corpos de prova. A Tabela 36 mostra os resultados com a exclusão dos corpos de prova que ultrapassaram o limite de 0,3 MPa.



**Tabela 36 – Média da resistência à tração na flexão (MPa)**

	0 hora	24 horas	36 horas	DP	CV
<b>AE-F1</b>	2,8	2,8	2,9	0,06	2%
<b>AE-F2</b>	3,6	3,0	3,8	0,42	12%
<b>DP</b>	0,57	0,14	0,64		
<b>CV</b>	18%	5%	19%		

Fonte: Autora

Nota-se pela Tabela 36 que as maiores variações da resistência à tração na flexão entre os materiais dos dois fornecedores ocorreram nos tempos de 0 hora e 36 horas, como pode ser confirmado pelo maior coeficiente de variação. Quando avalia-se a variação da resistência à tração na flexão ao longo do tempo de estabilização, nota-se que a argamassa do fornecedor 2 apresenta maior variação quando comparada à argamassa do fornecedor 1.

Com a intenção de analisar se as variações observadas com as medidas de dispersão são representativas, avalia-se a hipótese H<sub>0</sub> de que em média as resistências à tração na flexão dos materiais fornecidos pelos dois fornecedores são iguais para determinada hora, através do teste t, conforme pode ser observado na Tabela 37. Destaca-se que as análises estatísticas foram realizadas levando em consideração todas as amostras obtidas no ensaio de determinação de resistência à tração na flexão.

**Tabela 37 - Comparação entre resistências à tração na flexão médias dos fornecedores - teste t**

	0 hora		24 horas		36 horas	
	AE-F1	AE-F2	AE-F1	AE-F2	AE-F1	AE-F2
Média	2,1	3,6	2,8	3,1	2,9	3,8
$\alpha$	0,05		0,05		0,05	
gl	4		4		4	
Variância agregada	0,96		0,06		0,07	
Valor t	-1,98		-1,73		-3,83	
tc	-2,77/2,77		-2,77/2,77		-2,77/2,77	
Valor-p	0,119023		0,159337		0,018684	
Decisão	<b>Aceita H<sub>0</sub></b>		<b>Aceita H<sub>0</sub></b>		<b>Rejeita H<sub>0</sub></b>	

Nota: Valor t: Valor calculado pelo teste t; tc: Valor t crítico; valor-p: probabilidade

Fonte: Autora

Com os resultados observados pode-se afirmar que nos tempos 0 hora e 24 horas de estabilização não existem evidências estatísticas suficientes para afirmar que a variação entre as resistências à tração na flexão médias dos materiais fornecidos pelos dois fornecedores são

diferentes, visto o valor  $p > 0,05$ , contudo, em 36 horas pode-se afirmar que as resistências à tração na flexão médias observadas são diferentes.

Analisando a hipótese  $H_0$  de que em média as resistências à tração na flexão dos materiais fornecidos pelos fornecedores são iguais ao longo do tempo, foram realizadas análises estatísticas de variância (ANOVA), conforme pode ser observado na Tabela 38.

**Tabela 38 - Comparação entre resistências à tração na flexão médias ao longo do tempo - ANOVA**

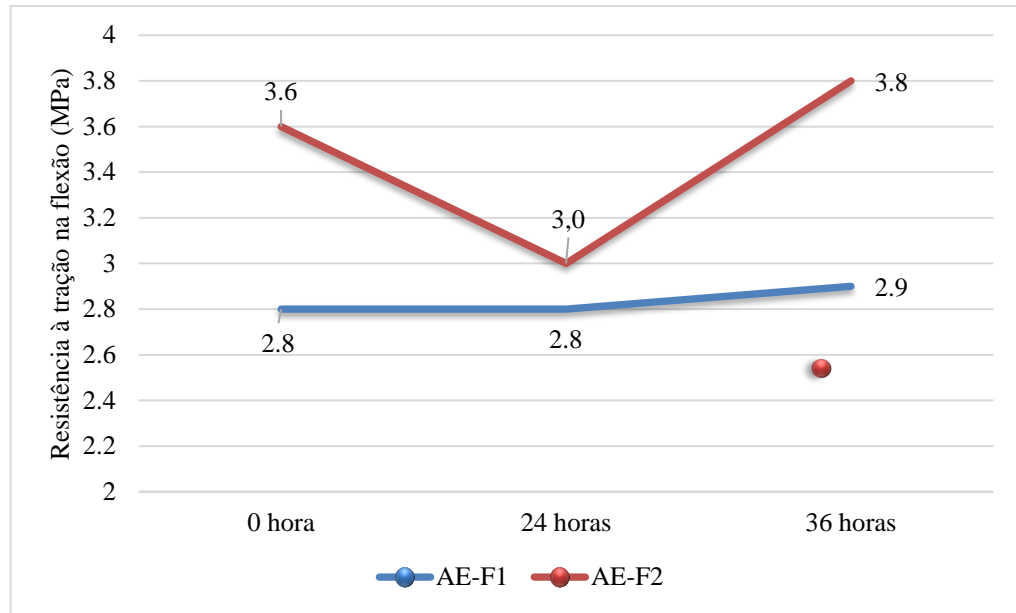
AE-F1							
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	Decisão
Entre grupos	1,339	2	0,670	1,064	0,402348	5,143	<b>Aceita <math>H_0</math></b>
Dentro dos grupos	3,778	6	0,630				
Total	5,117	8					
AE-F2							
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	Decisão
Entre grupos	0,681	2	0,341	3,321	0,106902	5,143	<b>Aceita <math>H_0</math></b>
Dentro dos grupos	0,616	6	0,1026				
Total	1,297	8					

Nota: F: Valor calculado pelo teste ANOVA; Fc: Valor F crítico; valor-p: probabilidade

Fonte: Autora

Pela análise de variância não é possível afirmar que houve variação significativa entre as resistências à tração na flexão médias dos materiais dos dois fornecedores ao longo do tempo de estabilização, visto o valor  $p > 0,05$ , indicando homogeneidade entre as resistências à tração na flexão em todos os tempos de estabilização.

No Gráfico 5 são exibidos os comportamentos apresentados pelas argamassas dos 02 (dois) fornecedores ao longo do tempo de estabilização.



**Gráfico 5 - Comportamento da resistência à tração na flexão**

Fonte: Autora

Nos trabalhos de Trevisol Jr; Portella; Bragança (2015) e Dachery (2015), expostos na Tabela 39, a resistência à tração na flexão aumenta em um tempo intermediário e ao chegar ao tempo final de estabilização perde resistência. Comportamento oposto foi observado neste estudo para o fornecedor 2. Kebhard e Kazmierczak (2017) obteve comportamento semelhante ao do fornecedor 1. Heinen *et al.* (2018), ao estudar argamassa estabilizada de 36 horas, observou o aumento de resistência à tração na flexão entre o momento inicial e o final da estabilização.

**Tabela 39 - Resultados de ensaios resistência à tração na flexão**

Autor / Ano	Resistência à tração na flexão (MPa)				
	0 hora	24 horas	36 horas	48 horas	72 horas
Autora (2020)	AE-F1: 2,8 AE-F2: 3,6	AE-F1: 2,8 AE-F2: 3,0	AE-F1: 2,9 AE-F2: 3,8		
Trevisol Jr; Portella; Bragança (2015)		2,26	2,31	2,27	
Dachery (2015)	0,99	0,99		1,32	1,25
Kebhard e Kazmierczak (2017)		2,2	2,2		
Heinen <i>et al.</i> (2018)	0,78		1,24		

Fonte: Autora

Ao classificar as argamassas estabilizadas dos dois fornecedores, a argamassa do fornecedor 1 se enquadra na classe R4, de acordo com classificação da NBR 13281 (ABNT, 2005d), e a argamassa do fornecedor 2, sendo da classe R5 no tempo de 24 horas e da classe R6 nos tempos de 0 hora e 36 horas, conforme Tabela 40.

**Tabela 40 – Classificação pela NBR 13281 (ABNT, 2005d) para resistência à tração na flexão**

Classe	Resistência à tração na flexão (MPa)	Classificação
R1	$\leq 1,5$	
R2	1,0 a 2,0	
R3	1,5 a 2,7	
R4	2,0 a 3,5	AE-F1 0 hora AE-F1 24 horas AE-F1 36 horas
R5	2,7 a 4,5	AE-F2 24 horas
R6	$> 3,5$	AE-F2 0 hora AE-F2 36 horas

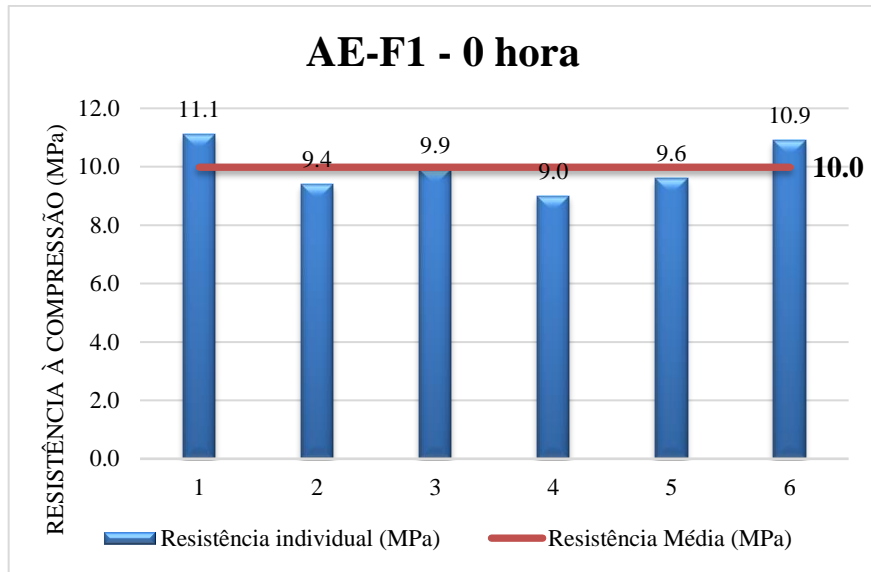
Fonte: Adaptado de NBR 13.281 (2005)

Segundo Macioski (2014), há uma tendência de diminuição da resistência à medida que o teor de ar incorporado nas argamassas aumenta, uma vez que os vazios na argamassa não serão capazes de transmitir cargas, afetando, assim, sua resistência.

Seguindo as instruções da NBR 13279 (ABNT, 2005b) foi realizado o ensaio de resistência à compressão, o qual é executado com as metades dos três corpos de prova utilizados na determinação da resistência à tração na flexão, obtendo-se dessa forma seis corpos de prova para cada idade ensaiada.

Assim como para a resistência à tração na flexão, a NBR 13279 (ABNT, 2005b) determina que após o cálculo da resistência à compressão média os desvios absolutos máximos devem ser calculados e não podem ser superiores a 0,5 MPa. Quando isto ocorre, o valor discrepante deve ser excluído dos cálculos, refazendo a média e verificando novamente o novo desvio. Para que a nova média seja válida, deve incluir pelo menos 4 corpos de prova.

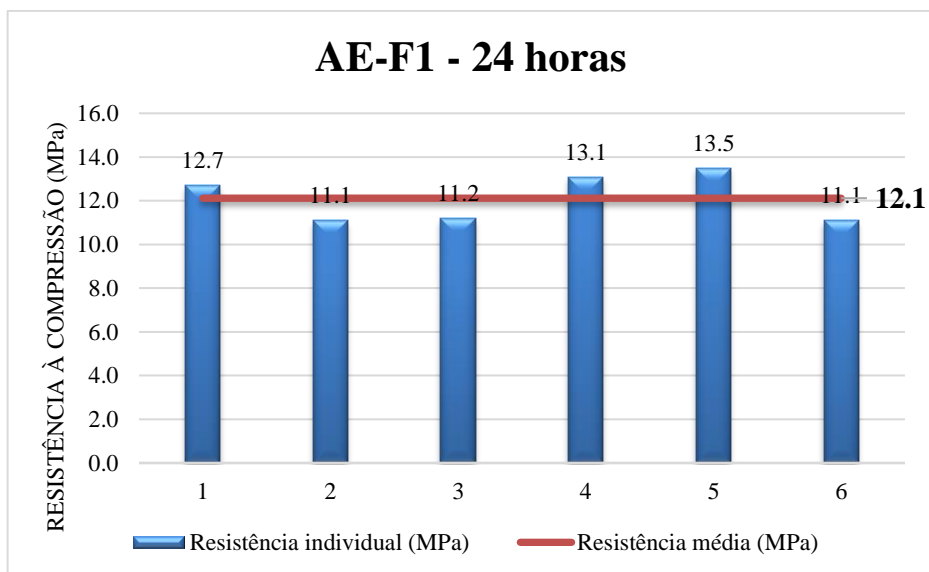
As resistências à compressão individuais e médias obtidas para o fornecedor 1, nos diferentes tempos de estabilização encontram-se expostas nos Gráficos 6, 7 e 8.



**Gráfico 6 - Resultados de resistência à compressão às 0 horas para o fornecedor 1**

Fonte: Autora

A resistência à compressão média considerando os 06 (seis) corpos-de-prova moldados às 0 hora é de 10,0 MPa. Calculando-se os desvios absolutos máximos, resultam os seguintes valores: 1,12; 0,58; 0,08; 0,98; 0,38; 0,92. Tendo em vista que houveram valores superiores ao desvio absoluto máximo permitido, o procedimento para a determinação da média foi repetido por duas vezes, conforme pode ser observado na Tabela 60 do apêndice, obtendo-se como nova média de resistência à compressão o valor de 9,5 MPa, sendo esse valor válido, uma vez que os desvios dos 04 (quatro) corpos de prova considerados foram 0,07; 0,43; 0,48; 0,13, todos inferiores a 0,5 MPa.

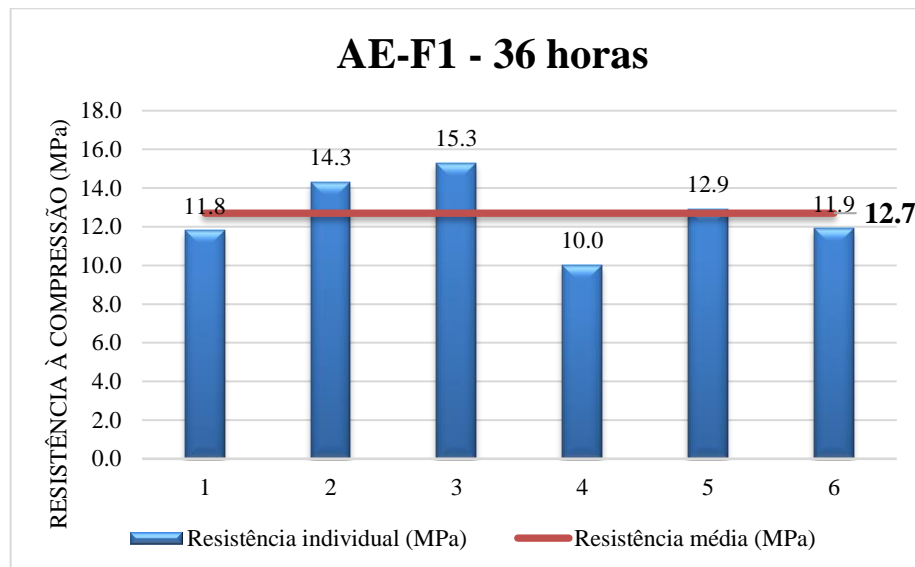


**Gráfico 7 – Resultados de resistência à compressão às 24 horas para o fornecedor 1**

Fonte: Autora

Para os corpos de prova moldados às 24 horas de estabilização (Gráfico 7), não foi possível obter resistência média à compressão válida (observar Tabela 60 do apêndice), visto que os desvios dos 04 (quatro) corpos de prova considerados foram 1,18; 0,43; 0,33; 0,43 em relação à resistência à compressão média de 12,1 MPa, ultrapassando em um corpo de prova o valor do desvio absoluto máximo permitido pela norma.

O mesmo pôde ser observado para a argamassa moldada às 36 horas de estabilização exposta no Gráfico 8. Os desvios obtidos em relação à resistência à compressão média de 12,7 MPa foram iguais 0,92; 1,58; 0,18; 0,82. Observa-se 03 (três) corpos de prova com desvios superiores a 0,5 MPa, indicando que o ensaio para esse tempo de estabilização também deve ser refeito.



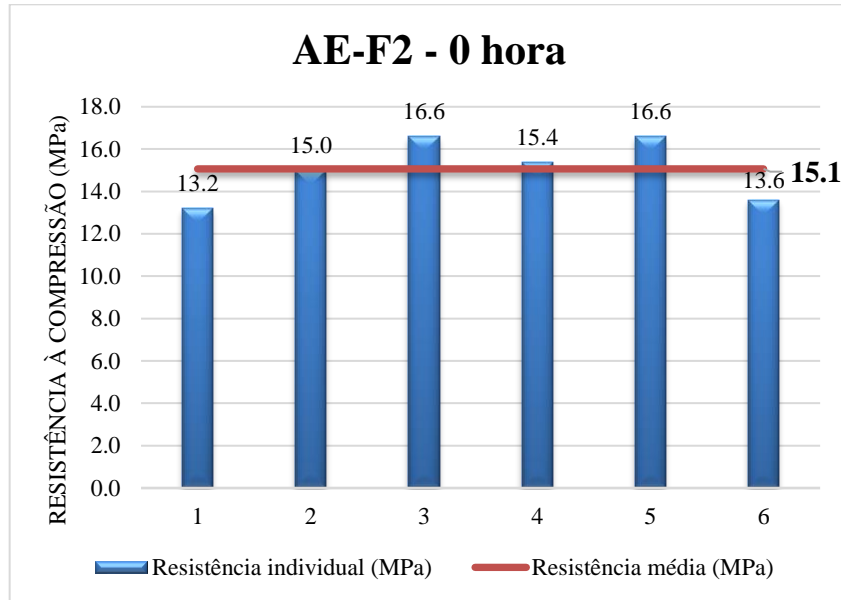
**Gráfico 8 - Resultados de resistência à compressão às 36 horas para o fornecedor 1**

Fonte: Autora

Dessa forma, somente a argamassa moldada às 0 hora de estabilização obteve resultado válido de 9,5 MPa para a resistência à compressão.

Os mesmos procedimentos para determinação da resistência à compressão foram realizados para a argamassa do fornecedor 2 e os resultados estão expostos nos Gráficos 9, 10 e 11. Assim como para a argamassa do fornecedor 1 ensaiada às 24 e 36 horas, os resultados obtidos nos ensaios realizados com a argamassa do fornecedor 2 em todos os tempos de estabilização, não podem ser considerados válidos devido aos desvios absolutos máximos

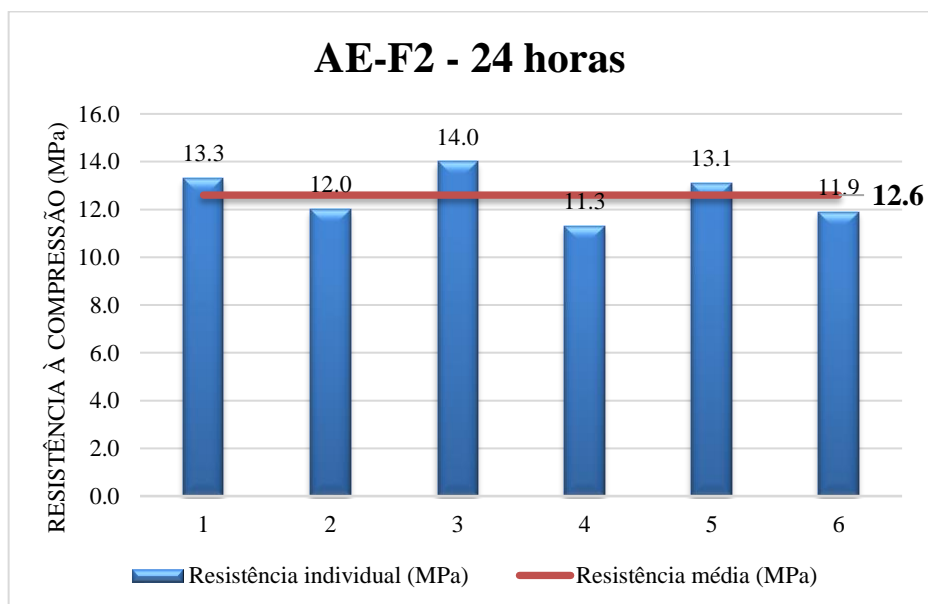
terem ultrapassado ao permitido pela NBR 13279 (ABNT, 2005b), como pode ser observado na Tabela 61 do apêndice e nas análises seguintes.



**Gráfico 9 - Resultados de resistência à compressão à 0 hora para o fornecedor 2**

Fonte: Autora

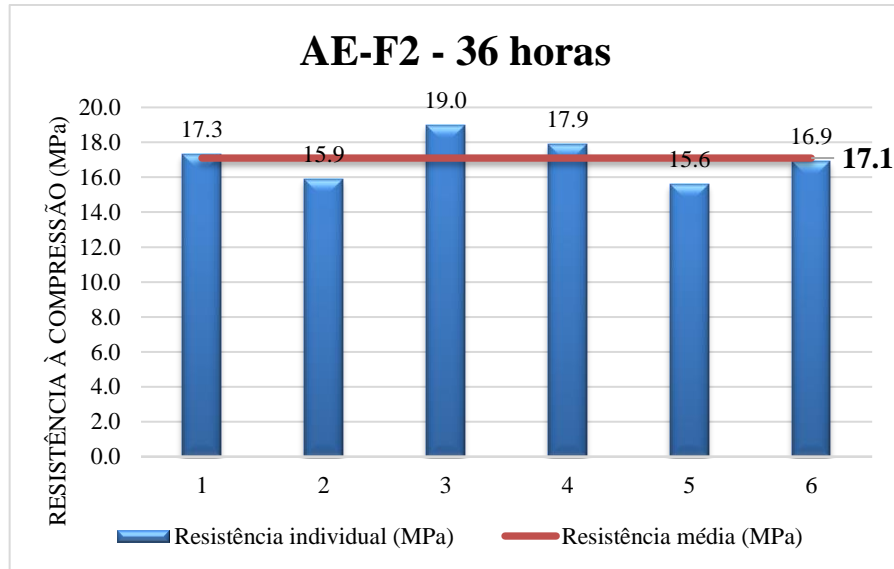
Para os corpos de prova moldados às 0 hora, os desvios absolutos máximos obtidos em relação à resistência à compressão média de 15,1 MPa foram iguais a 0,90; 0,70; 0,50; 0,70. Observa-se 03 (três) corpos de prova com desvios superiores a 0,5 MPa, fazendo com que a resistência média seja considerada inválida.



**Gráfico 10 - Resultados de resistência à compressão às 24 horas para o fornecedor 2**

Fonte: Autora

No ensaio realizado com corpos de prova moldados às 24 horas de estabilização (Gráfico 10), a resistência média à compressão não é válida, visto que os desvios dos 04 (quatro) corpos de prova considerados foram 0,73; 0,57; 0,53; 0,67, ultrapassando em todos os corpos de prova o valor do desvio absoluto máximo permitido pela norma.



**Gráfico 11 – Resultados de resistência à compressão às 36 horas para o fornecedor 2**

Fonte: Autora

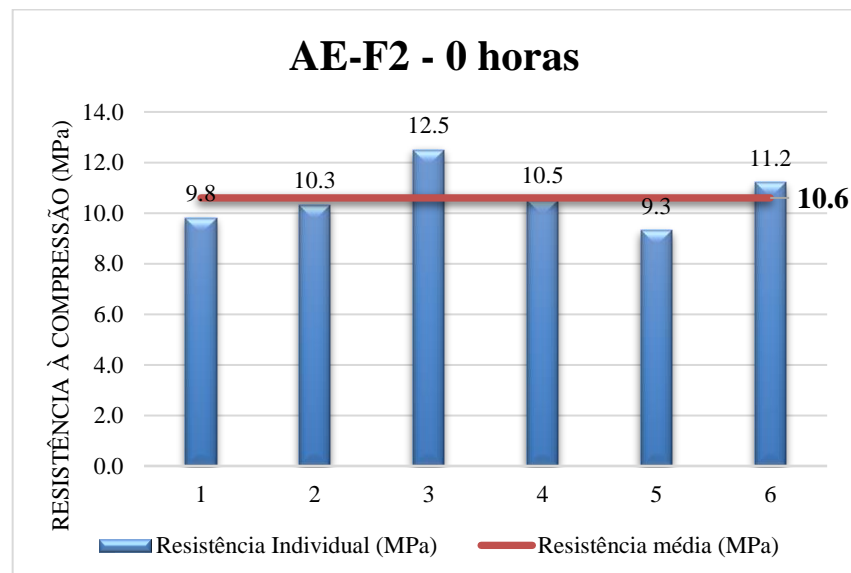
Para a argamassa moldada às 36 horas de estabilização exposta no Gráfico 11, os desvios obtidos em relação à resistência à compressão média de 17,1 MPa foram iguais 0,88; 0,53; 0,83; 0,47. Observa-se 03 (três) corpos de prova com desvios superiores a 0,5 MPa, indicando que o ensaio para esse tempo de estabilização também deve ser refeito.

A análise dos resultados encontrados neste estudo mostram que a argamassa estabilizada tem a tendência de não ser homogênea em relação a esta propriedade. O mesmo pôde ser observado no trabalho de Turra (2016), em que o autor afirma que o ensaio precisa ser refeito devido a grande variação nas resistências à compressão individuais, e no trabalho de Machado (2018), ao se calcular os desvios absolutos máximos da argamassa B – dia 2 fornecidos no apêndice A de seu trabalho, surgindo o questionamento se esse requisito da norma NBR 13279 (ABNT, 2005b), que é voltada para argamassas convencionais, deve ser aplicado para argamassas estabilizadas. O que reforça a importância da elaboração de uma norma específica para argamassas estabilizadas, onde os desvios requeridos sejam compatíveis com este tipo de argamassa.

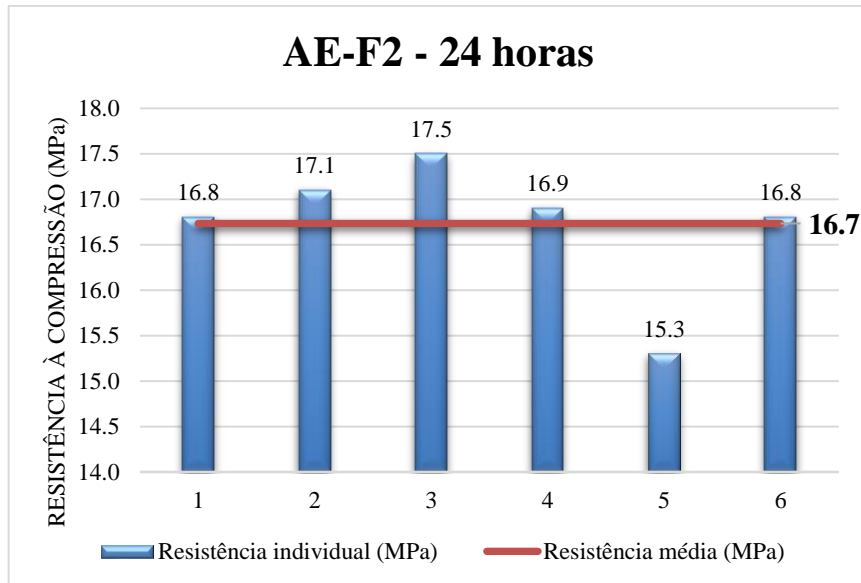


Para que fosse possível tirar conclusões mais acertivas sobre essa propriedade, o ensaio de determinação da resistência à compressão foi refeito, apenas com a argamassa do fornecedor 2, visto que optou-se por realizar o ensaio nas mesmas condições, obtendo-se a argamassa na mesma obra em que foi adquirida na realização da primeira determinação para manter condições de tempo de mistura e de recebimento, e tendo em vista que no momento da aquisição da argamassa para refazer o ensaio (112 dias após a primeira aquisição) a obra encontrava-se em fase final de revestimentos e portanto utilizando a argamassa de apenas um fornecedor.

Os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão realizado nos dias 21 e 22 de maio de 2019 com argamassa do fornecedor 2, encontram-se nos Gráficos 12, 13 e 14.

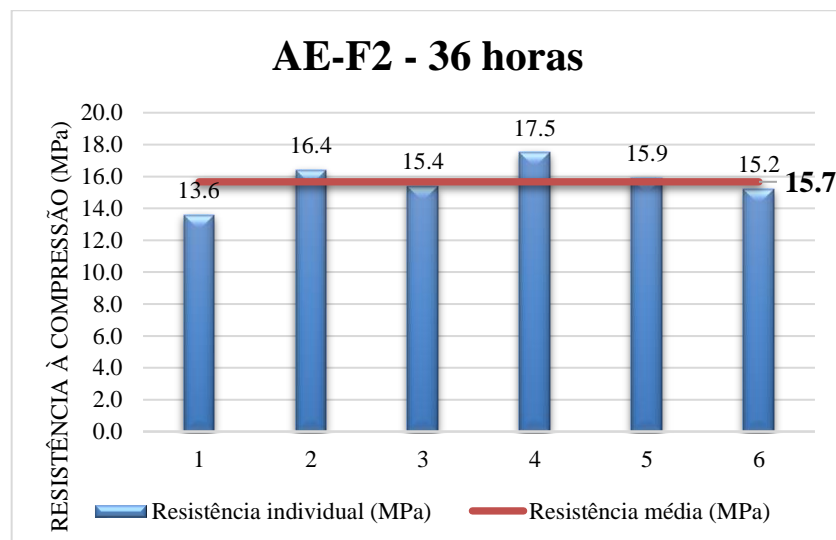


**Gráfico 12 - Resultados de resistência à compressão às 0 horas para o fornecedor 2 – Repetição**  
Fonte: Autora



**Gráfico 13 - Resultados de resistência à compressão às 24 horas para o fornecedor 2**

Fonte: Autora



**Gráfico 14 - Resultados de resistência à compressão às 36 horas para o fornecedor 2 – Repetição**

Fonte: Autora

Com a repetição do ensaio de resistência à compressão verificou-se que a argamassa estabilizada apresentou comportamento semelhante ao obtido no ensaio realizado nos dias 29 e 30 de janeiro de 2019, não sendo possível obter resistência média válida para a argamassa moldada às 0 hora e 36 horas (observar Tabela 62 do apêndice), devido aos desvios absolutos máximos serem superiores ao permitido na norma NBR 13279 (ABNT, 2005b).

A argamassa moldada às 24 horas após a aquisição obteve resultado válido para a resistência à compressão, sendo o valor médio de 17,02 MPa.

Na Tabela 41 são apresentadas as médias e as medidas de dispersão de resistência à compressão obtidas com a realização do ensaio, mesmo as não consideradas válidas para efeito de análise dos valores.

**Tabela 41 - Média da resistência à compressão (MPa)**

	<b>0 hora</b>	<b>24 horas</b>	<b>36 horas</b>	<b>DP</b>	<b>CV</b>
<b>AE-F1</b>	9,48	11,53	12,73	1,64	15%
<b>AE-F2</b>	15,9	12,58	16,43	2,09	14%
<b>AE-F2-Repetição</b>	9,98	17,02	15,73	3,75	26%
<b>DP</b>	3,57	2,91	1,97		
<b>CV</b>	30%	21%	13%		

Fonte: Autora

Nota-se pela Tabela 41, que aparentemente houve variação considerável na resistência à compressão ao longo do tempo para todos os materiais ensaiados, destacando-se o material obtido para a repetição do ensaio do fornecedor 2. Quando avalia-se a variação da resistência à compressão entre lotes dos materiais dos dois fornecedores por tempo, as maiores variações da resistência à compressão ocorreram nos tempos de 0 hora e 24 horas, como pode ser confirmado pelo maior coeficiente de variação.

Com a intenção de analisar se as variações observadas com as medidas de dispersão são representativas, avalia-se a hipótese H0 de que em média as resistências à compressão dos materiais fornecidos pelos dois fornecedores são iguais para determinada hora, através da análise de variância ANOVA, conforme pode ser observado na Tabela 42. Destaca-se que as análises estatísticas foram realizadas levando em consideração todas as amostras obtidas no ensaio de determinação de resistência à compressão.

**Tabela 42 - Comparação entre resistências à compressão médias dos fornecedores - ANOVA**

0 hora							
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	Decisão
Entre grupos	92,343	2	46,172	33,947	2,7025E-06	3,682	<b>Rejeita H0</b>
Dentro dos grupos	20,402	15	1,360				
Total	112,745	17					
24 horas							
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	Decisão
Entre grupos	77,263	2	38,632	40,861	8,4968E-07	3,682	<b>Rejeita H0</b>
Dentro dos grupos	14,182	15	0,945				
Total	91,445	17					
36 horas							
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	Decisão
Entre grupos	60,431	2	30,216	13,087	0,00051413	3,682	<b>Rejeita H0</b>
Dentro dos grupos	34,633	15	2,309				
Total	95,064	17					

Nota: F: Valor calculado pelo teste ANOVA; Fc: Valor F crítico; valor-p: probabilidade

Fonte: Autora

Com os resultados observados pode-se afirmar que em todos os tempos de estabilização houve variação significativa entre as resistências à compressão médias dos materiais fornecidos pelos dois fornecedores, incluindo o material obtido para a repetição do ensaio do fornecedor 2, visto o valor  $p < 0,05$ , o que confirma a suspeita inicial levantada através dos altos coeficientes de variação.

Analisando a hipótese H0 de que em média as resistências à compressão dos materiais fornecidos pelos fornecedores são iguais ao longo do tempo, foram realizadas análises estatísticas de variância (ANOVA), conforme pode ser observado na Tabela 43.

**Tabela 43 - Comparação entre resistências à compressão médias ao longo do tempo - ANOVA**

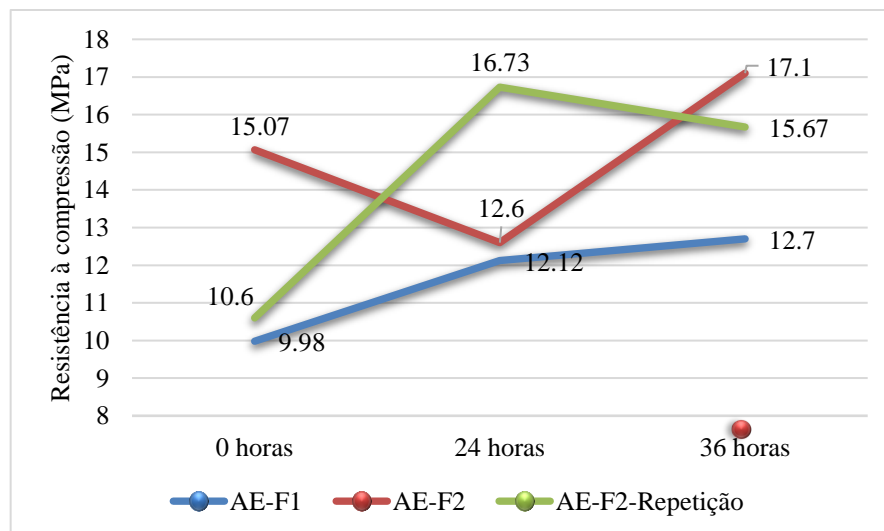
AE-F1							
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	Decisão
Entre grupos	24,543	2	12,272	6,627	0,0086615	3,682	<b>Rejeita H0</b>
Dentro dos grupos	27,777	15	1,852				
Total	52,32	17					
AE-F2							
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	Decisão
Entre grupos	60,938	2	30,469	19,273	7,1647E-05	3,682	<b>Rejeita H0</b>
Dentro dos grupos	23,713	15	1,581				
Total	84,651	17					
AE-F2-Repetição							
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	Decisão
Entre grupos	128,853	2	64,427	54,517	1,3157E-07	3,682	<b>Rejeita H0</b>
Dentro dos grupos	17,727	15	1,182				
Total	146,58	17					

Nota: F: Valor calculado pelo teste ANOVA; Fc: Valor F crítico; valor-p: probabilidade

Fonte: Autora

Pela análise de variância é possível afirmar que houve variação significativa entre as resistências à compressão médias dos materiais dos dois fornecedores ao longo do tempo de estabilização, visto o valor  $p < 0,05$ , indicando falta de homogeneidade entre as resistências à compressão em todos os tempos de estabilização.

No Gráfico 15 fica evidente a falta de homogeneidade nos resultados da resistência à compressão ao longo do tempo, inclusive entre diferentes lotes da argamassa do mesmo fornecedor.



**Gráfico 15 - Comportamento da resistência à compressão**

Fonte: Autora

De qualquer forma, cabe ressaltar que o nível de resistência encontrado é bastante elevado para argamassa de revestimento de parede, sendo maior que a resistência à compressão da maioria dos blocos de vedação, podendo ocasionar fissuras no revestimento devido à retração ou movimentação da estrutura pelo fato de os materiais apresentarem resistências discrepantes (MACHADO, 2018) e por terem sido obtidos valores muito altos para a resistência à compressão, todas as argamassas ensaiadas e em todos os tempos de estabilização podem ser enquadradas na classe P6, conforme Tabela 44, quando se classifica a resistência à compressão com os critérios da NBR 13.281 (ABNT, 2005d).

**Tabela 44 - Classificação pela NBR 13281 (ABNT, 2005d) para resistência à compressão**

Classe	Resistência à compressão (MPa)	Classificação
P1	≤ 2,0	
P2	1,5 a 3,0	
P3	2,5 a 4,5	
P4	4,0 a 6,5	
P5	5,5 a 9,0	
P6	> 8,0	AE-F1 0 hora AE-F1 24 horas AE-F1 36 horas AE-F2 0 hora AE-F2 24 horas AE-F2 36 horas AE-F2 – Rep. 0 hora AE-F2 – Rep. 24 horas AE-F2 – Rep. 36 horas

Fonte: Adaptado de NBR 13.281 (2005)

#### **4.2.4 Módulo de elasticidade dinâmico**

Os resultados obtidos no ensaio de determinação do módulo de elasticidade dinâmico ao longo do tempo de estabilização de 36 horas para os dois fornecedores, realizado conforme especificações da NBR 15630 (ABNT, 2009), encontram-se expostos na Tabela 45. Além disso, foram calculados os desvios padrão e coeficientes de variação para cada fornecedor ao longo do tempo e entre os dois fornecedores no mesmo tempo de estabilização.

**Tabela 45 - Módulo de elasticidade dinâmico (MPa)**

	0 hora	24 horas	36 horas	DP	CV
AE-F1	21505,5	19487,7	16682,3	2422,32	13%
AE-F2	21318,5	18671,6	20749,0	1393,22	7%
DP	132,21	577,06	2875,62		
CV	1%	3%	15%		

Fonte: Autora

Nota-se pela Tabela 45 que nos tempos de 0 hora e 24 horas a variação entre os módulos de elasticidade dos diferentes fornecedores é menor que no tempo de 36 horas. A variação sofrida pela argamassa do fornecedor 1 ao longo do tempo é maior que a observada para a argamassa do fornecedor 2, o fato pode ser confirmado pela análise do coeficiente de variação ao longo do tempo.

Com a intenção de analisar se as variações observadas com as medidas de dispersão são representativas, avalia-se a hipótese H0 de que em média os módulos de elasticidade dos materiais fornecidos pelos dois fornecedores são iguais para determinada hora, através do teste t, conforme pode ser observado na Tabela 46.

**Tabela 46 - Comparação entre módulos de elasticidade médios dos fornecedores - teste t**

	0 hora		24 horas		36 horas	
	AE-F1	AE-F2	AE-F1	AE-F2	AE-F1	AE-F2
Média	21505,5	21318,5	19487,7	18671,6	16682,3	20749
$\alpha$	0,05		0,05		0,05	
gl	4		4		4	
Variância agregada	597236,19		1607123,25		3849278,98	
Valor t	0,29		0,79		-2,54	
tc	-2,77/2,77		-2,77/2,77		-2,77/2,77	
Valor-p	0,781745		0,474552		0,064073	
Decisão	<b>Aceita H0</b>		<b>Aceita H0</b>		<b>Aceita H0</b>	

Nota: Valor t: Valor calculado pelo teste t; tc: Valor t crítico; vaor-p: probabilidade

Fonte: Autora

Com os resultados observados pode-se afirmar que em todos os tempos de estabilização não existem evidências estatísticas suficientes para afirmar que a variação entre os módulos de elasticidade médios dos materiais fornecidos pelos dois fornecedores são diferentes, visto o valor  $p > 0,05$ .

Analisando a hipótese H0 de que em média os módulos de elasticidade dinâmico dos materiais fornecidos pelos fornecedores são iguais ao longo do tempo, foram realizadas análises estatísticas de variância (ANOVA), conforme pode ser observado na Tabela 47.

**Tabela 47 - Comparação entre módulos de elasticidade médios ao longo do tempo - ANOVA**

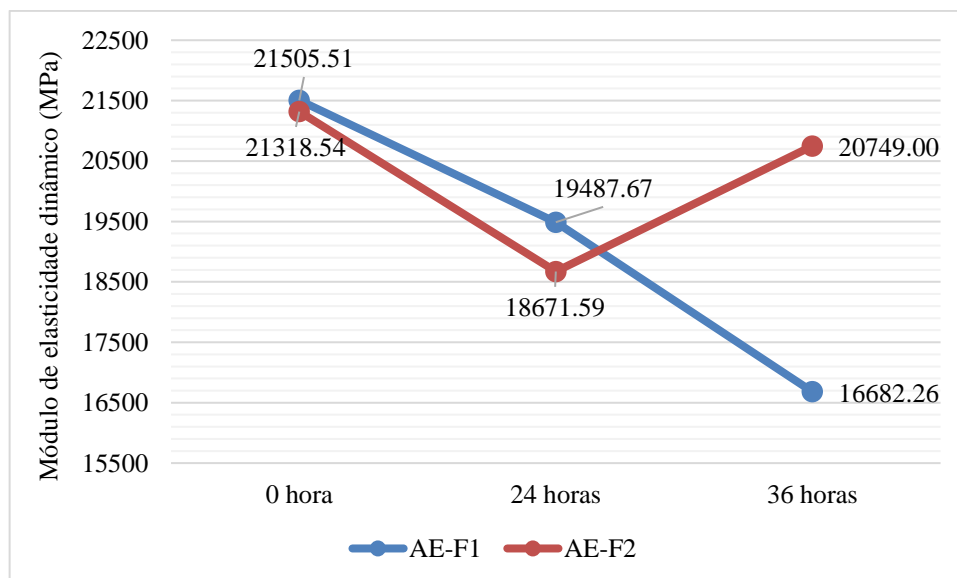
AE-F1							
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	Decisão
Entre grupos	35205693,24	2	17602846,62	5,701	0,040994647	5,143	<b>Rejeita H0</b>
Dentro dos grupos	18527600,65	6	3087933,442				
Total	53733293,89	8					
AE-F2							
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	Decisão
Entre grupos	11646405,36	2	5823202,681	6,144	0,035317567	5,143	<b>Rejeita H0</b>
Dentro dos grupos	5686953,046	6	947825,508				
Total	17333358,41	8					

Nota: F: Valor calculado pelo teste ANOVA; Fc: Valor F crítico; valor-p: probabilidade

Fonte: Autora

Pela análise de variância é possível afirmar que houve variação significativa entre os módulos de elasticidade médios dos materiais dos dois fornecedores ao longo do tempo de estabilização, visto o valor  $p < 0,05$ , indicando falta de homogeneidade entre os módulos de elasticidade dinâmico em todos os tempos de estabilização.

No Gráfico 16, que demonstra o comportamento das amostras dos dois fornecedores com o tempo, percebe-se que a diferença entre os resultados dos dois fornecedores se dá após as 24 de estabilização. A argamassa do fornecedor 2, apesar de ter apresentado um coeficiente de variação menor que a argamassa do fornecedor 1 ao longo do tempo, foi a que apresentou mudança de comportamento, o que causou o grande aumento no coeficiente de variação entre as argamassas dos dois fornecedores no tempo de 36 horas.

**Gráfico 16 - Comportamento do módulo de elasticidade dinâmico**

Fonte: Autora



Ao comparar os resultados deste trabalho com os de Macioski; Costa; Casali (2015), Trevisol Júnior (2015) e Kebhard e Kazmierczak (2017), que avaliaram o comportamento de argamassas estabilizadas ao longo do tempo (Tabela 48), nota-se que os módulos de elasticidade dinâmicos obtidos neste trabalho são, assim como as resistências mecânicas, mais altos que os encontrados nos outros estudos.

**Tabela 48 - Resultados de ensaios módulo de elasticidade dinâmico**

Autor / Ano	Resistência de aderência à tração (MPa)				
	0 hora	4 horas	24 horas	36 horas	48 horas
Autora (2020)	AE-F1: 21506 AE-F2: 21319		AE-F1: 19488 AE-F2: 18671	AE-F1: 16682 AE-F2: 20749	
Macioski; Costa; Casali (2015)	Lote 1: 13000 Lote 2: 11900 Lote 3: 10800		Lote 1: 11100 Lote 2: 10100 Lote 3: 10100		
Trevisol Júnior (2015)		9690	10400		8370
Kebhard e Kazmierczak (2017)			10913	8135	

Fonte: Autora

#### **4.2.5 Resistência de aderência à tração**

A resistência de aderência dos revestimentos argamassados foi determinada pelo ensaio de arrancamento com base nas recomendações da NBR 13528 (ABNT, 2010). Os resultados obtidos para todos os corpos de prova encontram-se nas Tabelas 65 a 70 do apêndice.

A NBR 13528 (ABNT, 2010) faz menção somente a como se obter as resistências de aderência à tração individuais, porém na NBR 13749 (ABNT, 2013) que trata das especificações dos revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas, sugere-se que no cálculo da média da resistência de aderência à tração devem ser eliminados os valores individuais que não atingirem o valor mínimo de resistência por local de aplicação e tipo de acabamento, devendo a média ser constituída de no mínimo 08 (oito) valores superiores ao recomendado na norma, conforme pode ser visto na Tabela 14 deste trabalho.

Na Tabela 49 são expostos os valores médios de resistência de aderência à tração por tempo de estabilização obtidos, desconsiderando os valores que não atingiram ao valor mínimo de 0,3 MPa para revestimentos externos (Tabela 14), conforme sugerido pelo norma NBR 13749 (ABNT, 2013). No ensaio realizado em obra, não foi possível determinar a resistência de

aderência à tração média do revestimento executado com a argamassa do fornecedor 1 às 0 horas de estabilização, visto que somente 05 (cinco) valores foram superiores à resistência mínima de 0,3 MPa (Tabela 65 do apêndice).

**Tabela 49 – Média da resistência de aderência à tração (MPa)**

	0 hora	24 horas	36 horas	DP	CV
<b>AE-F1</b>	–	0,55	0,62	0,05	8%
<b>AE-F2</b>	0,65	0,75	0,67	0,05	8%
<b>DP</b>	NA	0,14	0,04		
<b>CV</b>	NA	22%	5%		

Fonte: Autora

Nota-se pela Tabela 49 que a variação entre resistências de aderência à tração dos diferentes fornecedores foi maior no tempo de 24 horas, quando comparado ao tempo de estabilização de 36 horas. A variação sofrida pela argamassa do fornecedor 1 ao longo do tempo é igual a observada para a argamassa do fornecedor 2, levando-se em consideração apenas os valores considerados válidos pela norma NBR 13749 (ABNT, 2013).

Com a intenção de analisar se as variações observadas com as medidas de dispersão são representativas, avalia-se a hipótese H0 de que em média as resistências de aderência à tração dos materiais fornecidos pelos dois fornecedores são iguais para determinada hora, através do teste t, conforme pode ser observado na Tabela 50. Destaca-se que as análises estatísticas foram realizadas levando em consideração todas as amostras obtidas no ensaio de determinação de resistência de aderência à tração.

**Tabela 50 - Comparação entre resistências de aderência à tração médias dos fornecedores - teste t**

	0 hora		24 horas		36 horas	
	AE-F1	AE-F2	AE-F1	AE-F2	AE-F1	AE-F2
Média	0,26	0,54	0,51	0,7	0,54	0,67
$\alpha$	0,05		0,05		0,05	
gl	4		4		4	
Variância agregada	0,06		0,09		0,05	
Valor t	-2,82		-1,51		-1,37	
tc	-2,08/2,08		-2,07/2,07		-2,07/2,07	
Valor-p	0,010289		0,145479		0,183234	
Decisão	<b>Rejeita H0</b>		<b>Aceita H0</b>		<b>Aceita H0</b>	

Nota: Valor t: Valor calculado pelo teste t; tc: Valor t crítico; valor-p: probabilidade

Fonte: Autora

Com os resultados observados pode-se afirmar que nos tempos de 24 horas e 36 horas de estabilização não existem evidências estatísticas suficientes para afirmar que a variação entre as resistências de aderência à tração médias dos materiais fornecidos pelos dois fornecedores são diferentes, visto o valor  $p > 0,05$ , contudo, em 0 hora pode-se afirmar que as resistências de aderência à tração médias observadas são diferentes.

Analisando a hipótese  $H_0$  de que em média as resistências de aderência à tração dos materiais fornecidos pelos dois fornecedores são iguais ao longo do tempo, foram realizadas análises estatísticas de variância (ANOVA), conforme pode ser observado na Tabela 51.

**Tabela 51 - Comparação entre resistências de aderência à tração médias ao longo do tempo - ANOVA**

AE-F1							
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	Decisão
Entre grupos	0,528	2	0,264	6,723	0,003650915	3,285	<b>Rejeita <math>H_0</math></b>
Dentro dos grupos	1,256	32	0,039				
Total	1,784	34					
AE-F2							
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	Decisão
Entre grupos	0,160	2	0,080	0,885	0,422184836	3,285	<b>Aceita <math>H_0</math></b>
Dentro dos grupos	2,989	33	0,091				
Total	3,149	35					

Nota: F: Valor calculado pelo teste ANOVA; Fc: Valor F crítico; valor-p: probabilidade

Fonte: Autora

Pela análise de variância é possível afirmar que houve variação significativa entre as resistências de aderência à tração médias do material do fornecedor 1 ao longo do tempo de estabilização, visto o valor  $p < 0,05$ , contudo, para o material do fornecedor 2 não existem evidências estatísticas suficientes para afirmar que a resistência de aderência à tração sofre variação significativa ao longo do tempo de estabilização.

Com todo o exposto, é importante destacar que os valores de resistência de aderência à tração obtidos para os dois fornecedores foi muito superior ao mínimo exigido pela norma NBR 13749 (ABNT, 2013), evidenciando a adequação da utilização da argamassa estabilizada em relação a essa propriedade, e neste caso em particular, a não utilização de chapisco não comprometeu a aderência do revestimento ao substrato.

Em comparação com os resultados de resistência de aderência à tração encontrados por outros autores, percebe-se que os valores obtidos neste trabalho se aproximam dos maiores valores encontrados, como pode ser observado na Tabela 52.

**Tabela 52 - Resultados de ensaios resistência de aderência à tração**

Autor / Ano	Resistência de aderência à tração (MPa)					Método de execução do ensaio
	0 hora	24 horas	36 horas	48 horas	72 horas	
Autora (2020)	AE-F1: - AE-F2: 0,65	AE-F1: 0,55 AE-F2: 0,75	AE-F1: 0,62 AE-F2: 0,67			NBR 13528:2013
Trevisol Jr; Portella; Bragança (2015)		0,47		0,40		NBR 15258:2005
Jantsch (2015)	0,72					NBR 15258:2005
Dachery (2015)	0,51	0,50		0,52	0,39	NBR 15258:2005
Turra (2016)	0,65	0,60		0,64	0,76	NBR 13528:2013
Castanheira (2017)					0,66	NBR 15258:2005
Kebhard e Kazmierczak (2017)		0,38	0,34			NBR 15258:2005
Heinen <i>et al.</i> (2018)	0,39		0,47			NBR 13528:2013

Fonte: Autora

A norma NBR 13528 (ABNT, 2010) também determina que seja analisada a região onde ocorreu o rompimento, para que se possa analisar o desempenho do sistema de revestimento. No Quadro 9 é exibida a predominância da região de ruptura das argamassas dos dois fornecedores pelo tempo de estabilização, obtida através da análise dos percentuais obtidos no ensaio de resistência de aderência à tração expostos nas Tabelas 65 a 70 do apêndice.

**Quadro 8 - Análise da região de ruptura dos ensaios de resistência de aderência à tração**

Argamassa	Região de ruptura
AE-F1 – 0 hora	Substrato/Argamassa
AE-F1 – 24 horas	Substrato/Argamassa
AE-F1 – 36 horas	Argamassa
AE-F2 – 0 hora	Argamassa
AE-F2 – 24 horas	Substrato/Argamassa
AE-F2 – 36 horas	Substrato/Argamassa

Fonte: Autora

Segundo a NBR 13528 (ABNT, 2010), quando a ruptura ocorre na interface substrato/argamassa o valor da resistência de aderência à tração é igual ao valor obtido no ensaio, caso observado nas argamassas AE-F1 - 0 horas, AE-F1 - 24 horas, AE-F2 - 24 horas, AE-F2 - 36 horas. Quando a ruptura ocorre na argamassa, quer dizer que não foi possível determinar a resistência de aderência, visto que a aderência mede a capacidade do revestimento resistir às tensões atuantes na interface com o substrato. Nesses casos, a

resistência de aderência à tração é maior que o valor obtido no ensaio, é o que se observa na AE-F1 - 36 horas e na AE-F2 - 0 horas.

#### 4.2.6 *Resumo dos resultados no estado endurecido*

Na Tabela 53 são expostos os resultados das propriedades no estado endurecido das argamassas dos dois fornecedores, analisadas às 0 h, 24 h e 36 h.

**Tabela 53 - Resumo das propriedades no estado endurecido**

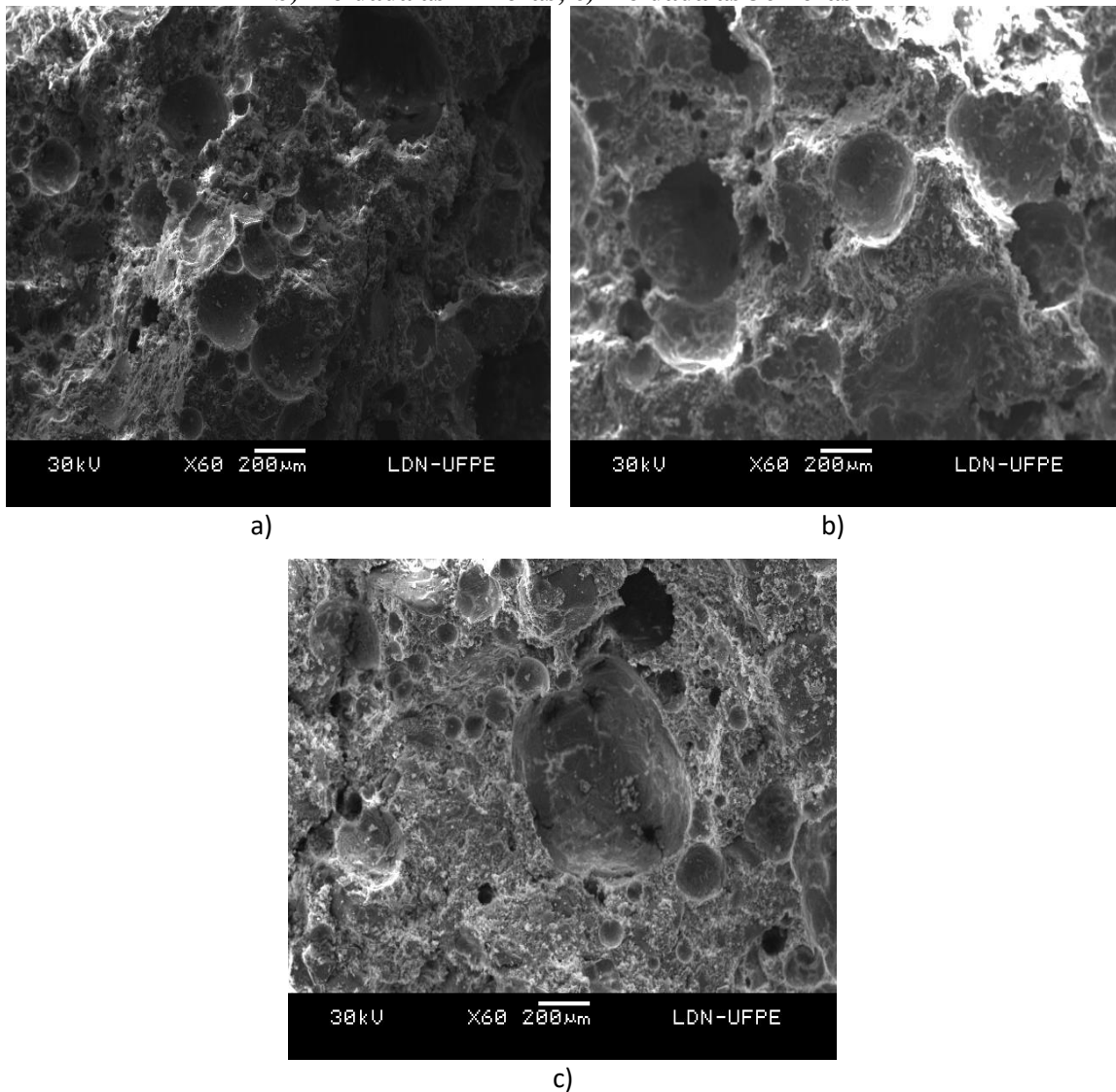
Propriedade	AE-F1 0 hora	AE-F1 24 horas	AE-F1 36 horas	AE-F2 0 hora	AE-F2 24 horas	AE-F2 36 horas	AE-F2 0 hora Repetição	AE-F2 24 horas Repetição	AE-F2 36 horas Repetição
Dens. de massa (Kg/m <sup>3</sup> )	1663	1712	1667	1721	1746	1758	-	-	-
Coef. de capil. (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )	0,9	0,9	4,9	0,9	1	0,3	-	-	-
Res. à tração (MPa)	2,8	2,8	2,9	3,6	3	3,8	-	-	-
Res. à compressão (MPa)	9,48	11,53	12,73	15,9	12,58	16,43	9,98	17,02	15,73
Res. de aderência (MPa)	-	0,55	0,62	0,65	0,75	0,67	-	-	-
Mód. Elasticidade (MPa)	21505,5	19487,7	16682,3	21318,5	18671,6	20749,0			

Fonte: Autora

#### 4.2.7 *Microscopia eletrônica de varredura (MEV)*

O estudo da morfologia por MEV foi realizado em amostras extraídas de corpos de prova utilizados nos ensaios de resistência à tração na flexão e compressão. Na Figura 20 são expostas imagens obtidas para a argamassa do fornecedor 1 moldada à 0 hora de estabilização, às 24 horas e após 36 horas, todas aumentadas 60 vezes. Nota-se, ao comparar as imagens, uma maior quantidade de bolhas na argamassa estabilizada moldada à 0 hora, confirmando o resultado obtido para o ensaio do teor de ar incorporado na Tabela 23, em que o teor de ar incorporado às 0 horas foi maior. Nota-se, além da redução do número de bolhas nas Figuras 23 b e 23 c, o surgimento de bolhas com maior diâmetro nesses tempos de estabilização.

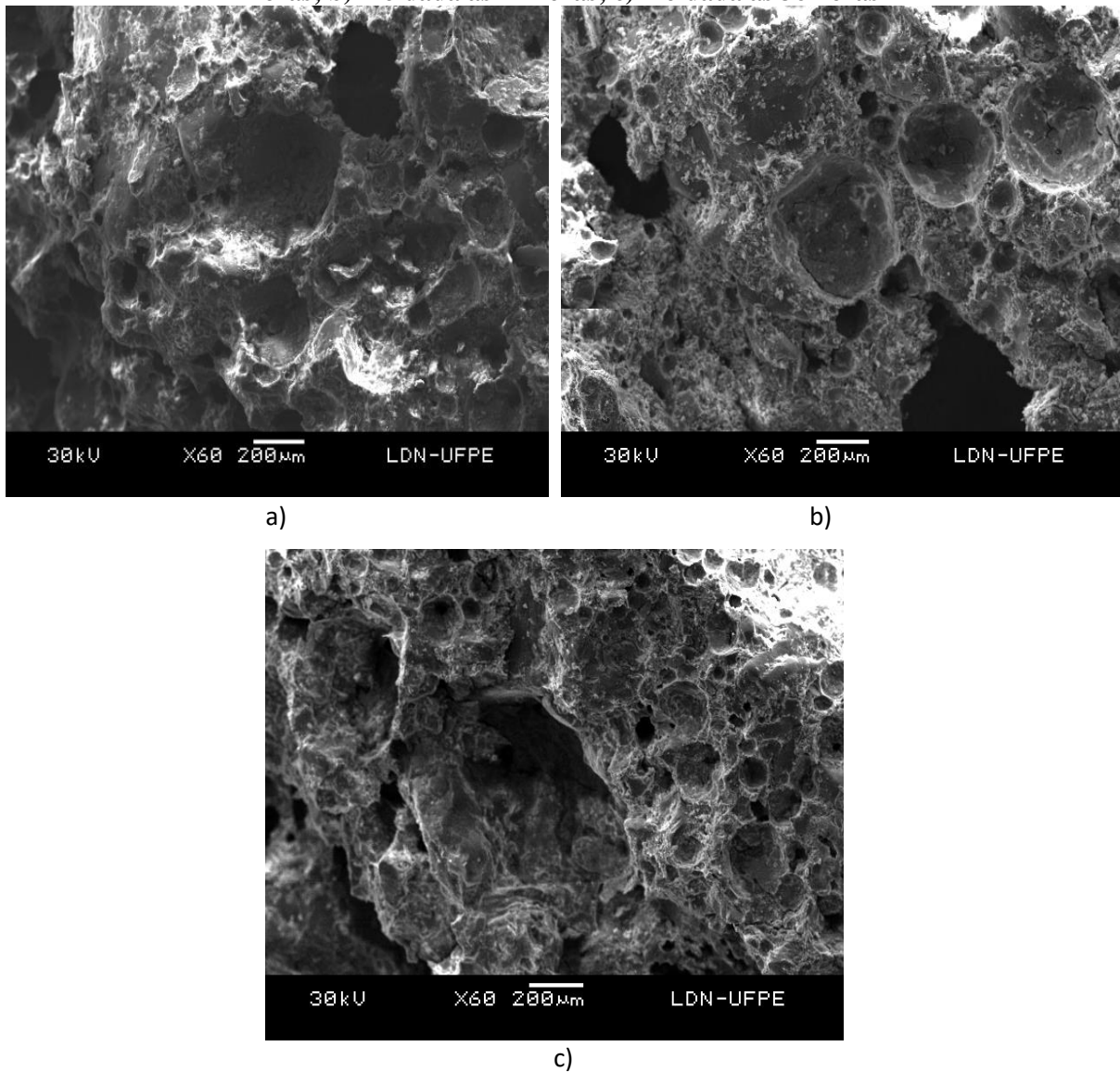
**Figura 19 - Imagens da argamassa do fornecedor 1 com aumento de 60x: a) moldada às 0 horas; b) moldada às 24 horas; c) moldada às 36 horas**



Fonte: Autora

Imagens com aumento de 60 vezes também foram obtidas para a argamassa do fornecedor 2. Na Figura 21 encontram-se imagens da argamassa do fornecedor 2 moldadas às 0 horas de estabilização, com 24 horas de estabilização e após 36 horas do recebimento em obra. Pelas imagens observa-se uma menor quantidade de bolhas na argamassa moldada após 24 horas de estabilização e o aumento de bolhas na argamassa de 36 horas que também pode ser confirmada pelo teor de ar incorporado exibido na Tabela 23, em que o teor de ar incorporado às 0 horas foi de 22% e posteriormente sofre redução para 20% no tempo de 24 horas e posterior aumento para 21% às 36 horas.

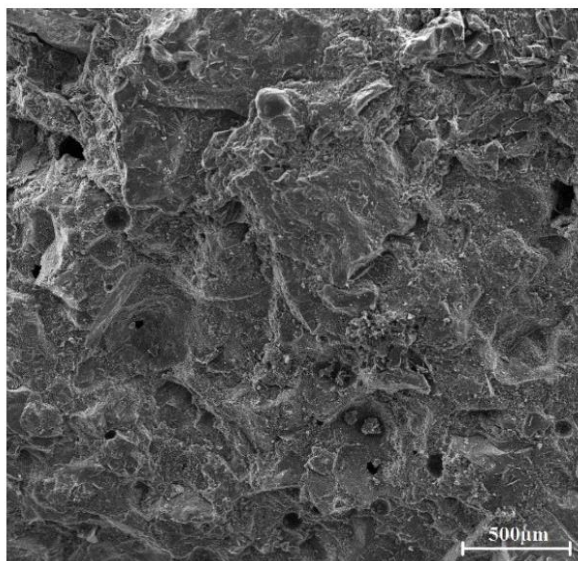
**Figura 20 - Imagens da argamassa do fornecedor 2 como aumento de 60x: a) moldada às 0 horas; b) moldada às 24 horas; c) moldada às 36 horas**



Fonte: Autora

Comparando as imagens obtidas para as argamassas dos 02 (dois) fornecedores com a imagem da Figura 22 obtida para uma argamassa de referência (sem aditivos) com traço 1:3:0,48 (cimento CP-II-F 32; areia; água) no trabalho de Mendes (2016), percebe-se a influência do aditivo incorporador de ar nas argamassas estabilizadas analisadas neste estudo, causando a formação de bolhas com geometria circular bem definida e bem distribuídas por toda a matriz da argamassa.

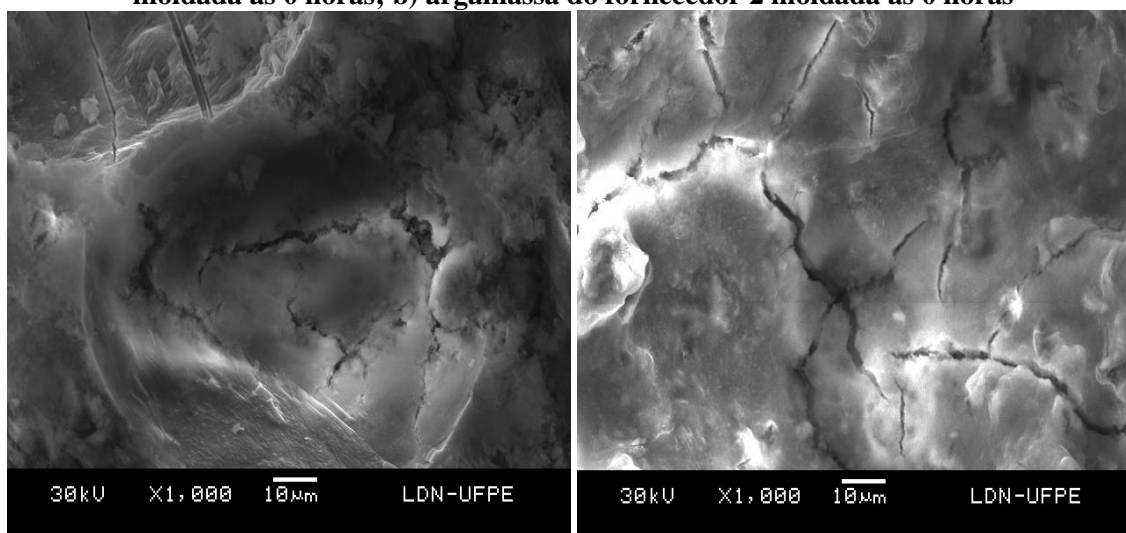
**Figura 21 - Imagem da argamassa de referência (sem aditivos), com aumento de 100x**



Fonte: Mendes (2016)

Através da análise microscópica também foi possível observar microfissuras nas superfícies das bolhas das argamassas dos dois fornecedores e em todos os tempos de estabilização. A Figura 23 ilustra fissuras ocorridas nas argamassas moldadas às 0 horas dos dois fornecedores para efeito de comparação.

**Figura 22 - Imagem de microfissuras com aumento de 1000x: a) argamassa do fornecedor 1 moldada às 0 horas; b) argamassa do fornecedor 2 moldada às 0 horas**



a)

b)

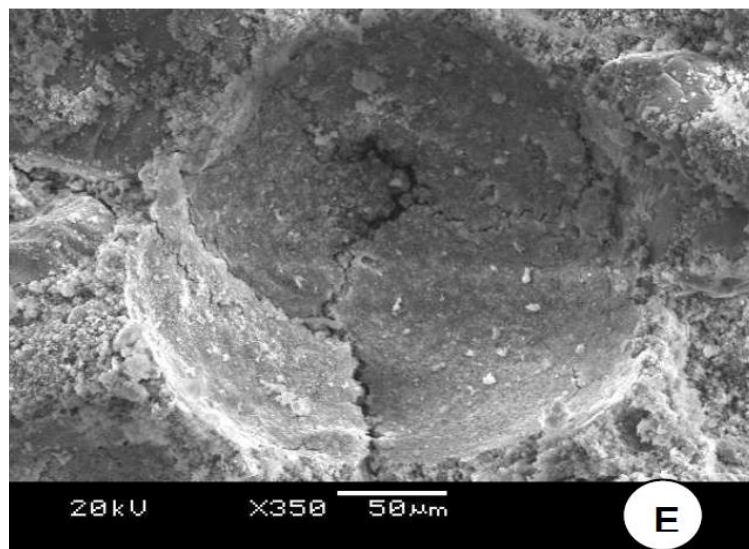
Fonte: Autora

Em seu trabalho, Temp (2014) também observou a ocorrência de acentuada fissuração no interior dos poros da argamassa estabilizada, como pode ser observado na Figura 24. O autor



afirma que as fissuras são causadas, possivelmente, por retração, ocorrendo na secagem entre a zona de transição do agregado com a pasta de cimento.

**Figura 23 – Imagem de fissuras na argamassa estabilizada com aumento de 350x**



Fonte: Temp (2014)

## 5 CONCLUSÕES

De modo geral, com a realização deste trabalho foi possível atender o objetivo principal de avaliar o comportamento das argamassas estabilizadas produzidas por dois fornecedores diferentes na Região Metropolitana do Recife ao longo do tempo, além disso, foi possível classificá-las segundo os requisitos da NBR 13281 (ABNT, 2005d): sendo AE-F1 - 0 hora enquadrada nas classes D4, M5, C1, R4 e P6; AE-F1 - 24 horas nas classes D5, M5, C1, R4 e P6; AE-F1 - 36 horas nas classes D4, M5, C4, R4 e P6; AE-F2 - 0 hora enquadrada nas classes D5, M5, C1, R6 e P6; AE-F2 - 24 horas nas classes D5, M5, C2, R5 e P6; AE-F2 - 36 horas nas classes D5, M5, C1, R6 e P6 para as propriedades de densidade de massa, densidade de massa aparente, coeficiente de capilaridade, resistência à tração na flexão e à compressão, respectivamente.

Com a análise dos resultados, verificou-se que para as propriedades: índice de consistência, densidade de massa aparente, resistência à compressão, módulo de elasticidade dinâmico e resistência de aderência à tração houve variações significativas ao longo do tempo de estabilização para o material de, pelo menos, um dos fornecedores. Além disso, observou-se que apesar de utilizarem o mesmo tipo de cimento, agregado e aditivos, as argamassas dos dois fornecedores apresentaram comportamentos diferentes, pelo menos em algum momento, para todas as propriedades com exceção do módulo de elasticidade dinâmico, sendo, provavelmente, estas propriedades influenciadas pelas quantidades dos materiais, visto que a argamassa do fornecedor 1 utiliza maior quantidade de cimento e aditivo incorporador de ar.

Ao comparar os resultados obtidos neste trabalho a outros dados da literatura, observou-se que as argamassas estabilizadas produzidas em Recife apresentam características semelhantes às observadas por autores de outras regiões do Brasil na maioria das propriedades. Contudo, observou-se que os resultados obtidos para as resistências à tração na flexão e à compressão são superiores aos observados em outros estudos, o que pode ocasionar fissuras no revestimento devido à retração ou movimentação da estrutura pelo fato de os materiais (revestimento e bloco de vedação) apresentarem resistências discrepantes.

Destaca-se que, apesar de cumprir com o requisito de manter-se trabalhável por um longo período, esse tipo de argamassa não mantém suas propriedades estabilizadas, como foi

observado na realização do ensaio de resistência à compressão em que os desvios absolutos máximos são superiores ao permitido por norma.

Observou-se, através da análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV), a influência causada pelo aditivo incorporador de ar na morfologia da argamassa estabilizada, com a criação de bolhas de geometria circular bem definidas e bem distribuídas por toda a matriz da argamassa.

Por fim, destaca-se a necessidade e urgência da elaboração de normatização específica, onde se estabeleça limites de desempenho para a avaliação deste tipo de argamassa, visto que os resultados são influenciados pela diferença entre os fornecedores, pelo tempo de estabilização e pela forma de armazenamento da argamassa.

### **5.1 Sugestões para trabalhos futuros**

Com base no estudo desenvolvido, as sugestões de trabalhos futuros abordam os seguintes aspectos:

- Analisar quantidade de lotes de argamassa estabilizada suficiente para inferir sobre as faixas de classificação mais adequadas para a utilização desse material na Região Nordeste;
- Investigar o desempenho dos revestimentos durante a sua vida útil, identificando as manifestações patológicas ocasionadas pela incompatibilidade da resistência mecânica e rigidez observadas nas argamassas estabilizadas.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. L. M. S. L. **Argamassas tradicionais e industriais de alvenaria em edifícios.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010.

ABCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual de revestimentos de argamassa.** 2002. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/ativos/279/manual-de-revestimentos-de-argamassa.html>. Acesso em 15/01/2019.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

\_\_\_\_\_. **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, 2005a.

\_\_\_\_\_. **NBR 13279:** Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005b.

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

\_\_\_\_\_. **NBR 13281:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2005d.

\_\_\_\_\_. **NBR 13528:** Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_\_. **NBR 13749:** Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **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, 2005e.

\_\_\_\_\_. **NBR 15630:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR 16605:** Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017.

ALVES, N. J. D. **Avaliação dos aditivos incorporadores de ar em argamassa de revestimento.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

ANTONIAZZI, J. P.; VAZ, L. V.; MOHAMAD, G; RAQUEL P. B. SCHMIDT, R. P. B.; MODLER, L. E. Influência do procedimento de mistura dos aditivos nas propriedades das argamassas estabilizadas. In: XIII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, **Anais...** Goiânia, 2019.

ARAÚJO, J. M. **Contribuição ao Estudo das Propriedades Físico Mecânicas das Argamassas de Revestimento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

BAÍÁ, L. L. M.; SABBATINI, F. H. **Projeto e execução de revestimento de argamassa**. 4ª edição, O nome da rosa editora Ltda. São Paulo/SP, 2008.

BARRETO, M. F. O. **Caracterização micro-nanoestrutural e química de argamassas de cimento Portland**. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2014.

BELLEI, P.; CATEN, A. T. Avaliação do desempenho da argamassa estabilizada de 36 e 72 horas para revestimento externo em diferentes tempos de utilização e modo de armazenamento. In: XIII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, **Anais...** Goiânia, 2019.

BELLEI, P.; JANTSCH, A. C.; TEMP, A. L.; NUNES, G. R.; OLIVEIRA, M. D.; MOHAMAD, G. Estudo comparativo do desempenho no estado fresco e endurecido de argamassas estabilizadas de 36h e 72h. In: XI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, **Anais...** Porto Alegre, 2015.

BORTOLUZZO, C.W. Correlações entre as propriedades mecânicas em argamassas mista e aditivadas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 1999, Vitória. **Anais...** Brasília: UFES/ANTAC, 1999. v.1, p.203 –217.

BRAGANÇA, M. O. G. P.; PORTELLA K. F.; TREVISOL JR., L. A. Estudo comparativo entre as argamassas: estabilizada, dosada em central, industrializada e produzida em obra por meio de ensaios físicos nos estados fresco e endurecido, In: XI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, **Anais...** Porto Alegre, 2015.

BRESSAN, P. M.; BECKE, T. F. **Investigação do potencial de retração de argamassas viradas em obra, estabilizadas e ensacadas utilizadas como revestimentos em sistemas de vedação**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2017.

BRUGALI, D. R.; CASAGRANDE, E.; STOLZ, C. M. Caracterização de argamassas industrializadas e estabilizadas disponíveis em Caxias do Sul/RS. In: XIII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, **Anais...** Goiânia, 2019.

CARASEK, H.; CASCUDO, O; SCARTEZINI, L. M. Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, IV, Brasília-DF. **Anais...** ANTAC, 2001.

CARASEK, H. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 1ª ed. ISAIA, Geraldo Cechella – São Paulo: IBRACON, 2007, Cap. 28 – Argamassas, pág. 863 a 904.

CARDOSO, F. A. **Método de formulação de argamassas de revestimento baseado em distribuição granulométrica e comportamento reológico**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

CARVALHO JR, A. N. **Avaliação da aderência dos revestimentos Argamassados: uma contribuição à identificação Do sistema de aderência mecânico**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2005.

CASALI, J. M.; MANN NETO, A.; ANDRADE, D. A.; ARRIAGADA, N. T. Avaliação das propriedades do estado fresco e endurecido da argamassa estabilizada para assentamento e revestimento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ARGAMASSAS, 9., 2011, Minas Gerais. **Anais...** Minas Gerais: 2011.

CASALI, J. M.; MELO, F. D.; SERPA, V. C.; OLIVEIRA, A. L. de; BETIOLI, A. M.; CALÇADA, L. M. L. Influence of cement type and water content on the fresh state properties of ready mix mortar. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 33-52, abr./jun. 2018.

CASTANHEIRA, B. C. A. **Estudo da qualidade de argamassas estabilizadas utilizadas em alvenaria estrutural**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá, Maringá, 2017.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. **Portal de Periódicos**. Disponível em: < <http://www.periodicos.capes.gov.br/> > Acesso em: 10/02/2019.

COSTA, I. **Estudo comparativo entre as argamassas de revestimento externo: preparada em obra, industrializada fornecida em sacos, e estabilizada dosada em central**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) apresentada ao Departamento de Engenharia Civil do Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2016.

DACHERY, M. **Avaliação das propriedades da argamassa estabilizada para revestimento externo: aplicação em diferentes substratos, durante diferentes períodos de utilização**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) apresentada ao Departamento de Engenharia Civil do Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2015.

DAFENG, Z.; TAO, Z.; RAN, C.; XIAOKANG, L.; XUEQING, Q. Amination of black liquor and the application in the ready-mixed wet mortar. **Environmental Technology**, 2017, DOI: 10.1080/09593330.2017.1294622.

HEINEN, P.; BELLEI, P.; CARNEIRO, M. F. W.; MACHADO, J. P. Desempenho de argamassas de revestimentos do tipo estabilizada, industrializada ensacada e a fabricada in loco. **Anais da Engenharia Civil**, UCEFF, 2595-1823, 2018.

HENZ, C. L. **Álise experimental de compatibilidade das argamassas de revestimento e encunhamento**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) apresentada ao Departamento

de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

HERMANN, A.; ROCHA, J. P. A. **Pesquisa de viabilidade da utilização da argamassa estabilizada modificada para revestimento sem a necessidade de aplicação de chapisco.** 2013. 101 f. Monografia (Especialização em Engenharia Civil), Departamento de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

JANTSCH, A. C. A. **Análise do desempenho de argamassas estabilizadas submetidas a tratamento superficial com aditivos cristalizantes.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

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 das Argamassas, **Anais...** São Paulo, 2017.

KHABIRI, M. M.; SARYAZDI, M. K.; ELAHIZADEH, M. The feasibility of using specialized sand for making mosaic of ready mixed mortar. **Engineering Review**, Vol. 37, Issue 3, 314-321, 2017.

KOCK, T. **Investigação da relação entre diferentes métodos de produção e as propriedades no estado Fresco e endurecido de argamassa de revestimento.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2017.

LIBERATI, A.; ALTMAN, D.G.; TETZLAFF, J. et al. **The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration.** *BMJ* 2009; 339: b2700.

LOZOVEY, A. C. R. **Avaliação das propriedades da argamassa estabilizada para revestimento externo: aplicação em diferentes substratos, durante diferentes períodos de utilização.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

MACHADO, L. T. **Caracterização de argamassas estabilizadas para revestimento.** 2018. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

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

MARTINS NETO, A. A. A.; DJANIKIAN, J. G. **Aspectos de desempenho da argamassa dosada em central.** *Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP*. São Paulo serie BT/PCC/235, p. 23, 1999.

MASUERO, A. B. Palestra: Argamassa Estabilizada. In: XII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, **Anais...** Porto Alegre, 2017.

MATOS, P. R. **Estudo da utilização de argamassa estabilizada em alvenaria estrutural de blocos de concreto**. 2013. 74f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

MENDES, J. C. **Viabilidade técnica do uso de Linear Alquil benzeno Sulfonato de Sódio como aditivo incorporador de ar para matrizes cimentícias**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

MOHAMED, G.; ROMAN, H. R.; RIZATTI, E.; ROMAGNA, R. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 1ª ed. ISAIA, Geraldo Cechella – Cap. 32 – Alvenaria Estrutural, pág. 1045-1075, São Paulo: IBRACON, 2007.

NELSON, R. L. *et al.* Ready Mix Mortar in the United States. In: INTERNATIONAL BRICK AND BLOCK MASONRY CONFERENCE, 8., Dublin, 1988. **Proceedings...** Dublin, 1988.

NETO, A. M.; ANDRADE D. C.; SOTO, N. T. A. **Estudo das propriedades e viabilidade técnica da argamassa estabilizada**. 2010. 127 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

PINHEIRO, R. C.; AMORIM, E. C. A.; SILVA, C. S.; SILVA, A. J. C. Avaliação das propriedades da argamassa estabilizada de 36 horas em diferentes tempos de utilização. In: XIII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, **Anais...** Goiânia, 2019.

PRUDÊNCIO JR, L. R.; OLIVEIRA, A. L., BEDIN, C.A. **Alvenaria estrutural de blocos de concreto**. Editora Gráfica Palloti, Florianópolis, 2003.

RAMACHANDRAN, V. M. **Concrete admixtures handbook**. Noyes Publications, New York, 1984.

RATO, V. N. P. M. **Influência da microestrutura morfológica no comportamento de argamassas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2006.

RECENA F. A. P. **Conhecendo Argamassa**. 2. Ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2011.

RODRIGUES FILHO, H. E. **Avaliação dos requisitos normativos das argamassas industrializadas associados a critérios de emprego e utilização**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

ROQUE, D. C.; POLESELLO, E. Avaliação das propriedades de argamassas estabilizadas para revestimentos em diferentes tempos ao longo do seu período de estabilização. In: XIII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, **Anais...** Goiânia, 2019.

SANTOS, C. L. L.; MARINHO, A. G.; BARRETO, L. M.; LORDSLEEM JR., A. C.; PÓVOAS, Y. V. Análise de propriedades físicas, mecânicas e microestruturais de argamassa estabilizada. In: XIII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, **Anais...** Goiânia, 2019.



SHMID, A. G. Argamassa estabilizada, uma importante ferramenta para melhorar a sustentabilidade na construção. In: 53º Congresso Brasileiro de Concreto, **Anais...** Florianópolis, 2011.

SILVA, D. S. **Estudo comparativo dos métodos de produção de argamassas de revestimento utilizados em obras do município de tubarão.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2008.

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. Disponível em: < <http://www.periodicos.capes.gov.br/> > Acesso em: 10/02/2019.

TEMP, A.L. **Avaliação de revestimentos de argamassa à permeabilidade ao vapor de água.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria/RS, 2014.

THOMÉ, M. W.; SANTOS, M. S. C.; ABREU, E. R.; NASCIMENTO, C. F. G.; SILVA, A. J. C. Estudo da influência da lâmina d'água utilizada no armazenamento da argamassa estabilizada. In: XIII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, **Anais...** Goiânia, 2019.

TREVISOL JR, L. A.; PORTELLA, K. F.; BRAGANÇA, M. O. G. P. Avaliação da perda de consistência e do teor de ar incorporado de argamassas de revestimento em relação ao tempo de utilização no estado fresco. In: XI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, **Anais...** Porto Alegre, 2015.

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

XUE, G.; CAO, ML. Effect of Modified Rubber Particles Mixing Amount on Properties of Cement Mortar. **Advances in Civil Engineering.** Volume 2017, Article ID 8643839, 2017.

**APÊNDICE**

**Tabela 54 - Dados obtidos no ensaio de determinação do índice de consistência**

Método da NBR 13276:2005	Índice de consistência (mm)			
	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
AE-F1 – 0 hora	225,0	220,0	224,0	223,0
AE-F1 – 24 horas	242,0	246,0	248,0	245,0
AE-F1 – 36 horas	231,0	235,0	234,0	233,0
AE-F2 – 0 hora	242,0	244,0	241,0	242,0
AE-F2 – 24 horas	230,0	234,0	242,0	235,0
AE-F2 – 36 horas	251,0	245,0	249,0	248,0

**Tabela 55 - Dados obtidos no ensaio de determinação da densidade de massa no estado fresco**

<b>AE-F1 – 0 hora</b>				
mv (g)	ma (g)	vr (ml)	mc (g)	d (Kg/m <sup>3</sup> )
265,0	617,0	352,0	887,0	1767,05
<b>AE-F1 – 24 horas</b>				
266,0	617,0	351,0	902,0	1811,97
<b>AE-F1 – 36 horas</b>				
267,8	618,9	351,1	897,5	1793,5
<b>AE-F2 – 0 hora</b>				
267,0	617,0	350,0	913,0	1845,71
<b>AE-F2 – 24 horas</b>				
267,7	618,9	351,2	928,8	1882,04
<b>AE-F3 – 36 horas</b>				
267,8	618,8	351,0	926,4	1876,24

**Tabela 56 - Dados obtidos no ensaio de determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido**

<b>AE-F1 - 0 hora</b>							
Número do CP	Altura (cm)	Largura (cm)	Comprimento (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Massa (g)	$\rho$ máx (kg/m <sup>3</sup> )	Média
1	4,0	4,0	16,0	258,6	429,4	1661	1663
2	4,0	4,0	16,0	255,8	427,9	1673	
3	4,1	4,0	16,0	260,4	430,9	1655	
<b>AE-F1 - 24 horas</b>							
1	4,0	4,0	16,0	254,4	435,2	1711	1712
2	4,0	4,0	16,0	254,2	435,8	1714	
3	4,0	4,0	16,0	252,8	432,4	1710	
<b>AE-F1 - 36 horas</b>							
1	3,9	4,0	16,0	252,2	428,6	1699	1667
2	4,0	4,0	16,0	254,9	416,8	1635	
3	4,0	4,0	16,0	256,0	426,4	1666	
<b>AE-F2 - 0 hora</b>							
1	4,1	4,0	16,0	258,5	442,4	1711	1721
2	4,0	4,0	16,0	253,8	444,2	1751	
3	4,1	4,0	16,0	259,0	440,7	1701	
<b>AE-F2 - 24 horas</b>							
1	4,0	4,0	16,0	255,1	447,8	1755	1746
2	4,0	4,2	16,0	269,0	467,6	1738	
3	4,0	3,9	16,0	247,7	432,1	1745	
<b>AE-F2 - 36 horas</b>							
1	4,1	4,0	16,0	261,4	456,1	1745	1758
2	4,0	4,0	16,0	258,6	456,0	1763	
3	4,0	4,0	16,0	254,9	450,5	1767	

**Tabela 57 - Dados obtidos no ensaio de determinação da absorção de água por capilaridade**

<b>AE-F1 - 0 hora</b>							
Número do CP	Massa inicial (g)	Massa após 10 min (g)	At 10 min (g/cm <sup>2</sup> )	At média 10 min (g/cm <sup>2</sup> )	Massa após 90 min (g)	At 90 min (g/cm <sup>2</sup> )	At média 90 min (g/cm <sup>2</sup> )
1	420,83	422,10	0,08	0,06	422,88	0,13	0,13
2	421,21	422,00	0,05		423,04	0,11	
3	426,06	426,90	0,05		428,27	0,14	
<b>AE-F1 - 24 horas</b>							
1	434,33	435,36	0,06	0,06	436,30	0,12	0,13
2	434,56	435,21	0,04		435,96	0,09	
3	431,85	433,05	0,07		434,63	0,17	
<b>AE-F1 - 36 horas</b>							
1	427,98	429,57	0,10	0,23	431,16	0,20	0,47
2	415,85	420,85	0,31		425,46	0,60	
3	425,50	430,01	0,28		435,08	0,60	
<b>AE-F2 - 0 hora</b>							
1	442,33	443,07	0,05	0,05	443,83	0,09	0,10
2	444,08	445,26	0,07		445,80	0,11	
3	440,58	440,96	0,02		441,97	0,09	
<b>AE-F2 - 24 horas</b>							
1	447,75	448,58	0,05	0,06	449,41	0,10	0,14
2	467,58	468,32	0,05		469,41	0,11	
3	432,14	433,19	0,07		435,32	0,20	
<b>AE-F2 - 36 horas</b>							
1	456,06	458,13	0,13	0,12	458,45	0,15	0,14
2	455,95	457,76	0,11		458,25	0,14	
3	450,46	452,16	0,11		452,43	0,12	

**Tabela 58 - Dados obtidos no ensaio de determinação da resistência à tração na flexão do fornecedor 1**

<b>AE-F1 - 0 hora</b>	Número do CP	Força (N)	Resistência média à tração na Flexão (MPa)
	1	227,28	0,53*
	2	1333,58	3,13
	3	1062,85	2,49
	Resistência média (MPa)		2,1
	Desvio absoluto máximo (MPa)		1,6
	Nova resistência média (MPa)		2,8
<b>AE-F1 - 24 horas</b>	Número do CP	Força (N)	Resistência média à tração na Flexão (MPa)
	1	1146,41	2,69
	2	1240,00	2,91
	3	1156,44	2,71
	Resistência média (MPa)		2,8
	Desvio absoluto máximo (MPa)		0,1
	Nova resistência média (MPa)		-
<b>AE-F1 - 36 horas</b>	Número do CP	Força (N)	Resistência média à tração na Flexão (MPa)
	1	1186,52	2,78
	2	1350,29	3,16
	3	1229,97	2,88
	Resistência média (MPa)		2,9
	Desvio absoluto máximo (MPa)		0,3
	Nova resistência média (MPa)		-

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

**Tabela 59 - Dados obtidos no ensaio de determinação da resistência à tração na flexão do fornecedor 2**

<b>AE-F2 - 0 hora</b>	Número do CP	Força (N)	Resistência média à tração na Flexão (MPa)
	1	1570,88	3,68
	2	1671,15	3,92
	3	1413,80	3,31
	Resistência média (MPa)		3,6
	Desvio absoluto máximo (MPa)		0,3
	Nova resistência média (MPa)		-
<b>AE-F2 - 24 horas</b>	Número do CP	Força (N)	Resistência média à tração na Flexão (MPa)
	1	1483,98	3,48*
	2	1199,89	2,81
	3	1316,87	3,09
	Resistência média (MPa)		3,1
	Desvio absoluto máximo (MPa)		0,4
	Nova resistência média (MPa)		3,0
<b>AE-F2 - 36 horas</b>	Número do CP	Força (N)	Resistência média à tração na Flexão (MPa)
	1	1754,71	4,11
	2	1487,33	3,49
	3	1574,23	3,69
	Resistência média (MPa)		3,8
	Desvio absoluto máximo (MPa)		0,3
	Nova resistência média (MPa)		-

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

**Tabela 60 - Dados obtidos no ensaio de determinação da resistência à compressão do fornecedor 1**

	Número do CP	Força (N)	Resistência média à tração na Flexão (MPa)	
	<b>AE-F1 - 0 hora</b>	1	17707,00	11,10*
2		15084,00	9,40	
3		15886,00	9,90	
4		14331,00	9,00	
5		15376,00	9,60	
6		17392,00	10,90*	
Resistência média (MPa)		9,98		
Desvio absoluto máximo (MPa)		1,12		
Nova resistência média (MPa)		9,76		
Desvio absoluto máximo (MPa)		1,14		
Nova resistência média (MPa)		9,48		
<b>AE-F1 - 24 horas</b>		Número do CP	Força (N)	Resistência média à tração na Flexão (MPa)
		1	20391,00	12,70*
	2	17734,00	11,10	
	3	17898,00	11,20	
	4	20889,00	13,10*	
	5	21561,00	13,50*	
	6	17814,00	11,10	
	Resistência média (MPa)		12,12	
	Desvio absoluto máximo (MPa)		1,38	
	Resistência média (MPa)		11,84	
	Desvio absoluto máximo (MPa)		1,26	
	Resistência média (MPa)		11,53	
	Desvio absoluto máximo (MPa)		1,18	
<b>AE-F1 - 36 horas</b>	Número do CP	Força (N)	Resistência média à tração na Flexão (MPa)	
	1	18881,00	11,80	
	2	22938,00	14,30*	
	3	24546,00	15,30*	
	4	16073,00	10,00*	
	5	20595,00	12,90	
	6	19065,00	11,90	
	Resistência média (MPa)		12,70	
	Desvio absoluto máximo (MPa)		2,70	
	Resistência média (MPa)		13,24	
	Desvio absoluto máximo (MPa)		2,06	
	Resistência média (MPa)		12,73	
	Desvio absoluto máximo (MPa)		1,58	

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



**Tabela 61 - Dados obtidos no ensaio de determinação da resistência à compressão do fornecedor**  
2

	Número do CP	Força (N)	Resistência média à tração na Flexão (MPa)	
<b>AE-F2 - 0 hora</b>	1	21147,00	13,20*	
	2	23921,00	15,00*	
	3	26511,00	16,60	
	4	24663,00	15,40	
	5	26481,00	16,60	
	6	21835,00	13,60*	
	Resistência média (MPa)		15,07	
	Desvio absoluto máximo (MPa)		1,87	
	Resistência média (MPa)		15,44	
	Desvio absoluto máximo (MPa)		1,84	
	Resistência média (MPa)		15,90	
	Desvio absoluto máximo (MPa)		0,90	
	<b>AE-F2 - 24 horas</b>	Número do CP	Força (N)	Resistência média à tração na Flexão (MPa)
		1	21357,00	13,30*
2		19192,00	12,00	
3		22460,00	14,00*	
4		18092,00	11,30*	
5		21023,00	13,10	
6		19075,00	11,90	
Resistência média (MPa)		12,60		
Desvio absoluto máximo (MPa)		1,40		
Resistência média (MPa)		12,32		
Desvio absoluto máximo (MPa)		1,02		
Resistência média (MPa)		12,58		
Desvio absoluto máximo (MPa)		0,73		
<b>AE-F2 - 36 horas</b>		Número do CP	Força (N)	Resistência média à tração na Flexão (MPa)
	1	27741,00	17,30*	
	2	25385,00	15,90	
	3	30365,00	19,00*	
	4	28567,00	17,90*	
	5	25034,00	15,60	
	6	27116,00	16,90	
	Resistência média (MPa)		17,10	
	Desvio absoluto máximo (MPa)		1,90	
	Resistência média (MPa)		16,72	
	Desvio absoluto máximo (MPa)		1,18	
	Resistência média (MPa)		16,43	
	Desvio absoluto máximo (MPa)		0,88	

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

**Tabela 62 - Dados obtidos no ensaio de determinação da resistência à compressão do fornecedor  
2 - Repetição**

<b>AE-F2 - 0 hora</b>	Número do CP	Força (N)	Resistência média à tração na Flexão (MPa)	
	1	15756,00	9,80	
	2	16534,00	10,30	
	3	17944,00	12,50*	
	4	16745,00	10,50	
	5	14810,00	9,30*	
	6	17871,00	11,20*	
	Resistência média (MPa)		10,60	
	Desvio absoluto máximo (MPa)		1,90	
	Resistência média (MPa)		10,22	
	Desvio absoluto máximo (MPa)		1,00	
	Resistência média (MPa)		9,98	
	Desvio absoluto máximo (MPa)		0,70	
	<b>AE-F2 - 24 horas</b>	Número do CP	Força (N)	Resistência média à tração na Flexão (MPa)
1		26832,00	16,80	
2		27303,00	17,10	
3		28025,00	17,50	
4		27099,00	16,90	
5		24429,00	15,30*	
6		26932,00	16,80	
Resistência média (MPa)		16,73		
Desvio absoluto máximo (MPa)		1,43		
Resistência média (MPa)		17,02		
Desvio absoluto máximo (MPa)		0,50		
<b>AE-F2 - 36 horas</b>		Número do CP	Força (N)	Resistência média à tração na Flexão (MPa)
		1	21768,00	13,60*
		2	26170,00	16,40*
	3	24643,00	15,40	
	4	27955,00	17,50*	
	5	25512,00	15,90	
	6	24392,00	15,20	
	Resistência média (MPa)		15,67	
	Desvio absoluto máximo (MPa)		2,07	
	Resistência média (MPa)		16,08	
	Desvio absoluto máximo (MPa)		1,40	
	Resistência média (MPa)		15,73	
	Desvio absoluto máximo (MPa)		0,70	

**Tabela 63 - Dados obtidos no ensaio de determinação do módulo de elasticidade dinâmico do fornecedor 1**

<b>AE-F1 - 0 hora</b>								
CP	Tempo (µs)	Tempo adotado (µs)	Comprimento (mm)	Velocidade (mm/µs)	Dens. de massa (Kg/m <sup>3</sup> )	Coefficiente de Poisson	Módulo de elasticidade (MPa)	Média
1	42,0	42,0	159,9	3,81	1667	0,2	21778,50	21505,51
	42,4							
	43,3							
2	42,8	42,4	159,8	3,77	1633	0,2	20888,70	
	42,4							
	42,5							
3	42,2	41,8	160,0	3,83	1655	0,2	21849,33	
	41,8							
	42,0							
<b>AE-F1 - 24 horas</b>								
1	43,7	43,7	159,9	3,66	1712	0,2	20639,94	19487,67
	44,1							
	44,1							
2	48,8	45,8	159,7	3,49	1660	0,2	18197,07	
	46,2							
	45,8							
3	45,3	44,5	159,9	3,59	1692	0,2	19626,00	
	44,7							
	44,5							
<b>AE-F1 - 36 horas</b>								
1	46,9	45,9	160,0	3,49	1641	0,2	17988,79	16682,26
	46,0							
	45,9							
2	52,0	52,0	160,2	3,08	1586	0,2	13540,89	
	53,3							
	57,1							
3	50,2	45,5	159,9	3,51	1670	0,2	18517,11	
	45,5							
	45,5							

**Tabela 64 - Dados obtidos no ensaio de determinação do módulo de elasticidade dinâmico do fornecedor 2**

AE-F2 - 0 hora								
CP	Tempo (µs)	Tempo adotado (µs)	Comprimento (mm)	Velocidade (mm/µs)	Dens. de massa (Kg/m³)	Coefficiente de Poisson	Módulo de elasticidade (MPa)	Média
1	44,5	43,8	159,6	3,64	1744	0,2	20796,57	21318,54
	44,1							
	43,8							
2	45,2	43,6	159,8	3,67	1711	0,2	20740,76	
	43,8							
	43,6							
3	43,6	41,8	159,7	3,82	1707	0,2	22418,30	
	43,1							
	41,8							
AE-F2 - 24 horas								
1	45,1	45,1	160,0	3,55	1754	0,2	19894,31	18671,59
	46,0							
	46,2							
2	46,7	46,6	160,0	3,43	1778	0,2	18826,19	
	46,6							
	46,7							
3	47,3	47,3	160,0	3,38	1682	0,2	17294,26	
	47,5							
	47,3							
AE-F2 - 36 horas								
1	44,5	44,3	160,3	3,62	1739	0,2	20509,70	20749,00
	46,1							
	44,3							
2	44,6	44,3	160,2	3,62	1733	0,2	20438,93	
	44,3							
	45,0							
3	43,9	43,6	160,0	3,67	1757	0,2	21298,37	
	44,3							
	43,6							

**Tabela 65 - Dados obtidos no ensaio de determinação da resistência de aderência à tração às 0 hora do fornecedor 1**

AE-F1 - 0 hora										
Corpo de prova			Carga (kgf)	Carga (N)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)				
Número	dm (mm)	Área (mm²)				S	S/A	A	A/	C
1	42,7	1432	31	304	0,21*			100		
2	FALHA	FALHA	FALHA	FALHA	FALHA					
3	44,0	1521	96	941	0,62		30	70		
4	44,0	1521	20	196	0,13*		100			
5	43,1	1459	70	686	0,47		100			
6	43,5	1486	21	206	0,14*		100			
7	43,5	1486	22	216	0,15*		100			
8	43,0	1452	46	451	0,31		100			
9	43,5	1486	48	471	0,32		100			
10	44,4	1548	61	598	0,39		100			
11	44,5	1555	18	177	0,11*		100			
12	42,8	1439	8	78	0,05*		100			

**Tabela 66 - Dados obtidos no ensaio de determinação da resistência de aderência à tração às 24 horas do fornecedor 1**

AE-F1 – 24 horas											
Corpo de Prova			Carga (kgf)	Carga (N)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					
Número	dm (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )				S	S/A	A	A/C	C	C/P
1	43,2	1466	92	902	0,62		100				
2	43,1	1459	98	961	0,66		100				
3	43,2	1466	118	1157	0,79			100			
4	43,2	1466	42	412	0,28*		100				
5	43,1	1459	75	735	0,50		100				
6	43,2	1466	62	608	0,41		60	40			
7	43,2	1466	117	1147	0,78		100				
8	42,2	1399	78	765	0,55			100			
9	42,7	1432	48	471	0,33			100			
10	43,2	1466	44	431	0,29*		50	50			
11	43,3	1473	71	696	0,47		100				
12	43,7	1500	64	628	0,42		100				

**Tabela 67 - Dados obtidos no ensaio de determinação da resistência de aderência à tração às 36 horas do fornecedor 1**

AE-F1 – 36 horas											
Corpo de prova			Carga (kgf)	Carga (N)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					
Número	dm (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )				S	S/A	A	A/C	C	C/P
1	43,3	1473	136	1334	0,91			100			
2	44,0	1521	53	520	0,34			100			
3	43,6	1493	89	873	0,58			100			
4	42,1	1392	24	235	0,17*		100				
5	43,6	1493	84	824	0,55		100				
6	43,2	1466	102	1000	0,68			100			
7	43,9	1514	105	1030	0,68			100			
8	43,4	1479	88	863	0,58	50	50				
9	43,5	1486	61	598	0,40		100				
10	42,7	1432	26	255	0,18*	80	20				
11	43,0	1452	90	883	0,61	80	20				
12	43,1	1459	126	1236	0,85	30	70				

**Tabela 68 - Dados obtidos no ensaio de determinação da resistência de aderência à tração às 0 hora do fornecedor 2**

AE-F2 – 0 hora											
Corpo de prova			Carga (kgf)	Carga (N)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					
Número	dm (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )				S	S/A	A	A/C	C	C/P
1	43,2	1466	85	834	0,57		100				
2	42,9	1445	61	598	0,41			100			
3	42,8	1439	128	1255	0,87	100					
4	43,7	1500	93	912	0,61	100					
5	43,6	1493	71	696	0,47			100			
6	43,3	1473	103	1010	0,69			100			
7	42,6	1425	90	883	0,62			100			
8	42,3	1405	24	235	0,17*			100			
9	41,7	1366	159	1559	1,14		100				
10	42,3	1405	28	275	0,20*			100			
11	43,0	1452	37	363	0,25*			100			
12	42,1	1392	71	696	0,50	20		80			

**Tabela 69 - Dados obtidos no ensaio de determinação da resistência de aderência à tração às 24 horas do fornecedor 2**

AE-F2 – 24 horas											
Corpo de prova			Carga (kgf)	Carga (N)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					
Número	dm (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )				S	S/A	A	A/C	C	C/P
1	43,2	1466	58	569	0,39			100			
2	42,9	1445	154	1510	1,04	40	60				
3	43,1	1459	154	1510	1,03		100				
4	43,6	1493	169	1657	1,11	60		40			
5	43,2	1466	50	490	0,33			100			
6	43,1	1459	17	167	0,11*		100				
7	42,9	1445	62	608	0,42			100			
8	43,1	1459	202	1981	1,36			100			
9	42,6	1425	72	706	0,50	50	50				
10	43,2	1466	58	569	0,39		100				
11	42,7	1432	102	1000	0,70	100					
12	43,3	1473	145	1422	0,97		100				

**Tabela 70 - Dados obtidos no ensaio de determinação da resistência de aderência à tração às 36 horas do fornecedor 2**

<b>AE-F2 – 36 horas</b>											
Corpo de prova			Carga (kgf)	Carga (N)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					
Número	dm (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )				S	S/A	A	A/C	C	F
1	43,5	1486	82	804	0,54		80	20			
2	43,2	1466	121	1187	0,81		100				
3	43,6	1493	71	696	0,47		100				
4	43,8	1507	107	1049	0,70	100					
5	43,2	1466	120	1177	0,80	100					
6	43,1	1459	119	1167	0,80	100					
7	43,2	1466	127	1245	0,85	100					
8	43,5	1486	49	481	0,32		100				
9	42,7	1432	103	1010	0,71	100					
10	42,3	1405	49	481	0,34		100				
11	42,9	1445	115	1128	0,78		100				
12	43,5	1486	132	1294	0,87	20		80			