



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL

LUAN JÁCOMO OLIVEIRA DE SOUSA

**ANÁLISE DA VARIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE
ARGAMASSAS ESTABILIZADAS COM O TEMPO DE APLICAÇÃO: estudo de
caso para Palmas - TO**

Palmas
2017

LUAN JÁCOMO OLIVEIRA DE SOUSA

**ANÁLISE DA VARIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE
ARGAMASSAS ESTABILIZADAS COM O TEMPO DE APLICAÇÃO: estudo de
caso para Palmas - TO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação de Curso de
Engenharia Civil do Instituto Federal do
Tocantins, *Campus* Palmas, como
exigência à obtenção do grau de Bacharel
em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Moacyr Salles Neto
Co-orientação: Prof. Me. Clerson Dalvani
Reis

Palmas
2017

Sousa, Luan Jácomo Oliveira de

Análise da variação das propriedades físicas e mecânicas de argamassa estabilizada com o tempo de aplicação: estudo de caso para Palmas - TO / Luan Jácomo Oliveira de Sousa. – Palmas, 2017. 82 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação do Tocantins, *Campus* Palmas, 2017.

Orientador: Prof. Moacyr Salles Neto

1. Argamassa estabilizada 2. Racionalização 3. Desempenho
I. Título

LUAN JÁCOMO OLIVEIRA DE SOUSA

**ANÁLISE DA VARIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE
ARGAMASSAS ESTABILIZADAS COM O TEMPO DE APLICAÇÃO: estudo de
caso para Palmas - TO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação de Curso de
Engenharia Civil do Instituto Federal do
Tocantins, *Campus* Palmas, como
exigência à obtenção do grau de Bacharel
em Engenharia Civil.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA AVALIADORA

Dr. Moacyr Salles Neto
IFTO – *Campus* Palmas

Dr. Gilson Marafiga Pedroso
IFTO – *Campus* Palmas

Dr. Thiago Dias de Araújo e Silva
IFTO – *Campus* Palmas

AGRADECIMENTOS

À todos que de alguma forma me ajudaram na consolidação deste trabalho, em especial Larissa Vittorazzi, Rodrigo Chianca, Hilton Louça, Jaqueline Lima, Rômulo Aguiar e Luiz Cláudio.

À minha família pelo apoio e colaboração.

Ao professor Dr. Moacyr Salles Neto pelas orientações e interesse em participar desta pesquisa.

Às professoras Me. Adriana Monteiro e Dra. Sylmara Barreira pelas colaborações neste trabalho.

Aos demais professores do IFTO, que contribuíram para o meu processo de aprendizagem.

Ao IFTO por mais esta oportunidade.

RESUMO

A industrialização dos serviços realizados em canteiros de obras se intensifica dia a dia, como resultado de um mercado cada vez mais competitivo, fazendo com que as empresas ofereçam produtos de maior qualidade, otimizem o cronograma bem como recursos financeiros. A argamassa é um insumo de larga utilização em obras e não ficou alheia ao processo de industrialização. Com uma dinâmica similar ao do concreto usinado, passou a ser fabricada na indústria e fornecida pronta para o uso, sendo possível permanecer no estado fresco até 72 horas a depender do fornecedor. Tendo em vista a crescente inserção desse produto no mercado da construção civil, esse trabalho avaliou argamassas estabilizadas de dois fornecedores distintos da cidade de Palmas – TO, com intuito de verificar a qualidade das mesmas por meio da análise de suas propriedades no estado fresco e endurecido com o decorrer do tempo de estabilização. Constatou-se para as duas argamassas, que houve variabilidade do desempenho entre os intervalos de amostragem, mas que ainda assim, suas aplicações no estado fresco não foram comprometidas. Nesse estado, as propriedades analisadas – consistência e densidade da massa, certamente variaram em função da perda de ar incorporado. No estado endurecido, os ensaios de resistência de aderência à tração tiveram alta dispersão, possivelmente influenciados pela umidade. Em suma, obtiveram-se valores representativos acima do valor de referência previsto em norma. Para os ensaios de resistência mecânica os resultados foram altos, atingindo 16 MPa para AEB 36 na compressão, e 5,7 MPa para AEA 24 na flexão. Porém, isso não é suficiente para atestar a qualidade de um revestimento, uma vez que os altos valores de resistência (aderência e compressão) podem estar relacionados ao alto teor de cimento, que pode ocasionar problemas patológicos no estado endurecido. Notou-se também certa correspondência entre a variação do desempenho das propriedades e a presença de película de água sobre a argamassa, colocada durante o repouso da mesma. Foram realizadas ainda, visita e entrevista em canteiros de obras, por meio das quais se verificaram condições inadequadas de armazenamento em dois dos três canteiros visitados. Por meio dos relatos colhidos, percebeu-se que as argamassas entregues eventualmente variam a qualidade.

Palavras-chave: Argamassa estabilizada. Racionalização. Desempenho.

ABSTRACT

The industrialization of the services carried out in construction sites enhances on a daily basis, as a result of a more competitive market, compelling the companies to offer better products, optimize the timetable as well as the financial resources. The mortar is a building input of wide use in constructions and it has not been oblivious to the industrialization process. With a dynamics that is similar to the machined concrete, it started to be manufactured in industry and made available ready to be used and with the possibility to remain in the fresh state up to 72 hours, depending on the producer. Bearing in mind the increasing insertion of that product in the civil construction, this work evaluated some stabilized mortars of two different producers in the city of Palmas-TO, aiming to verify the quality of the products through the analysis of their properties in fresh - state and in the hardened one, over the stabilization time. It was determined, for both mortars, that there was a variability of the performance among the intervals of the sampling, but yet, their applications in the fresh-state were not compromised. In that state, the analyzed properties – mass consistence and density- certainly varied due to the loss of the incorporated air. In the hardened state, the experiments of the resistance to the tensile strength adherence had high dispersion, probably influenced by humidity. Altogether, representative values which were above the reference value predicted by norm were obtained. For the mechanical resistance experiments, the results were high, reaching 16MPa for AEB 36 in compression and 5.7 MPa for AEA 24 in flexion. Nevertheless, that is not enough to certify the quality of a coating, as the high values of the resistance (adherence and compression) may be related to the high proportion of cement, what can cause pathological problems when in hardened state. It was also observed a sort of correspondence between the variation of the properties performance and the presence of water film over the mortar, placed during its idle state. Visits and interviews were carried out in construction sites and through them, there were verified some. Inappropriate storage conditions in two out of the 3 sites that were visited. By means of the collected reports, it was noticed that quality of the delivered mortars eventually may vary.

Keywords: Stabilized mortar. Rationalization. Performance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação de uma molécula de tensoativo	32
Figura 2 – Bolhas de ar formadas por tensoativos livres.....	32
Figura 3 – Criação de bolhas de ar pelos tensoativos adsorvidos e criação do efeito ponte	33
Figura 4 - Representação do mecanismo de funcionamento do AEH.....	35
Figura 5 – Fluxograma resumo das etapas do procedimento experimental.....	37
Figura 6 – Aplicação de golpes para adensamento	41
Figura 7 – Adensamento da argamassa na mesa.....	41
Figura 8 – Rasamento da superfície da argamassa.....	42
Figura 9 – Adensamento da argamassa por meio da aplicação de golpes	43
Figura 10 – Medição do diâmetro do espalhamento da argamassa.....	43
Figura 11 – Equipamento de leitura de teor de ar sendo operado.	44
Figura 12 – Procedimento de corte para obtenção de corpos de prova.....	45
Figura 13 – Painel com os cortes já realizados e com marcação das juntas	46
Figura 14 – Pastilhas fixadas nos corpos de prova	46
Figura 15 – Ensaio de corpo de prova com dinamômetro de tração	47
Figura 16 – Argamassa sendo introduzida no molde	48
Figura 17 – Ensaio de resistência à flexão.....	49
Figura 18 – Ensaio de resistência à compressão.....	49
Figura 19 – Baia de armazenamento canteiro 1.....	62
Figura 20 – Recipiente de armazenamento canteiro 2.....	63
Figura 21 – Baia de armazenamento canteiro 3.....	63

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição granulométrica areia AEA 24	39
Gráfico 2 – Distribuição granulométrica areia AEB 36	39
Gráfico 3 – Teor de ar incorporado	50
Gráfico 4 – Índice de consistência.....	51
Gráfico 5 – Consistência x teor de ar incorporado	52
Gráfico 6 – Densidade da massa	53
Gráfico 7 – Densidade da massa x teor de ar incorporado	53
Gráfico 8 – Resistência de aderência à tração (considerando média)	54
Gráfico 9 – Resistência de aderência à tração (considerando a mediana)	55
Gráfico 10 – Análise das formas de rupturas AEA 24	57
Gráfico 11 – Análise das formas de rupturas AEB 36	58
Gráfico 12 – Resistência de aderência x teor de ar – média.....	59
Gráfico 13 – Resistência de aderência x teor de ar - mediana.....	59
Gráfico 14 – Resistência à compressão e a tração na flexão.....	60

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivos da Pesquisa	11
1.1.1	Objetivo geral	11
1.1.2	Objetivo específico	11
1.2	Justificativa	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1	Histórico da argamassa	13
2.2	Definição, função e classificação da argamassa	13
2.3	Desempenho	15
2.4	Constituintes básicos da argamassa	16
2.5	Propriedades das argamassas	19
2.5.1	Propriedades no estado fresco	19
2.5.1.1	Consistência e trabalhabilidade	19
2.5.1.3	Retenção de água	21
2.5.1.4	Aderência inicial	21
2.5.1.5	Retração na secagem	22
2.5.2	Propriedade no estado endurecido	23
2.5.2.1	Resistência de aderência à tração	23
2.5.2.2	Capacidade de absorver deformações	24
2.5.2.3	Resistência mecânica - resistência à compressão e à tração na flexão	25
2.5.2.3	Absorção de água – Capilaridade	26
2.5.2.4	Durabilidade	26
2.6	Argamassa estabilizada	26
2.6.1	Vantagens e desvantagens	27
2.6.2	Aditivos	31
3	MATERIAIS E MÉTODOS	37
3.1	Materiais ensaiados	37
3.1.1	Argamassa	37
3.1.2	Caracterização da areia utilizada para a confecção da argamassa	38
3.2	Métodos	40
3.2.1	Ensaio realizados no estado fresco	40
3.2.1.1	Densidade da massa	40

3.2.1.2	Ensaio de consistência	42
3.2.1.3	Teor de ar incorporado	43
3.2.2	Ensaio realizado no estado endurecido	44
3.2.2.1	Resistência de aderência à tração.....	44
3.2.2.2	Resistência à tração na flexão.....	47
3.2.2.3	Resistência à compressão.....	49
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	50
4.1	Propriedades no estado fresco	50
4.1.1	Teor de ar incorporado	50
4.1.2	Índice de consistência	51
4.1.3	Densidade da massa	52
4.2	Propriedades no estado endurecido.....	54
4.2.1	Resistência de aderência à tração.....	54
4.2.2	Resistência à compressão e à tração na flexão	60
4.3	Resumo e discussão da entrevista em canteiros e fornecedores	62
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
	REFERÊNCIAS	68
	APÊNDICE A	73
	APÊNDICE B	74
	APÊNDICE C	75

1 INTRODUÇÃO

A industrialização dos serviços realizados no canteiro de obras se torna cada vez mais necessária para que as empresas de construção civil se posicionem de forma competitiva no mercado (TREVISOL JUNIOR, 2015). A consequência desse processo contempla ganho de produtividade, garantia da qualidade do produto, melhor gerenciamento do canteiro e otimização de recursos financeiros. A argamassa não ficou alheia a esse processo e passou a ser fabricada na indústria e fornecida no canteiro de obras, pronta para aplicação.

As argamassas são utilizadas, entre outras aplicações, no sistema de revestimento definido na ABNT NBR 13529 (2013, p. 2) como o “conjunto formado por revestimento de argamassa e acabamento decorativo”. Os diversos tipos de revestimentos representam de acordo com a revista Construção Mercado (2014), 19,2 % a 32,6% do custo total de uma obra, a depender do tipo e porte. Mesmo não se referindo exclusivamente à argamassa de revestimento, esse índice dá uma ideia da significância das mesmas, uma vez que elas são largamente utilizadas com essa finalidade.

Nesse sentido, vista a tamanha demanda por tal insumo no cotidiano de uma obra, o mercado foi estimulado ao desenvolvimento de um processo semelhante ao do concreto usinado para a argamassa: dosá-la na central e transportá-la fresca para a obra. Essa argamassa é denominada como “argamassa estabilizada” e seu diferencial não é apenas o fornecimento no canteiro, mas a garantia de uso em até três dias, a depender do fornecedor e das necessidades do cliente. Para que isso seja promovido é utilizado em sua composição aditivo incorporador de ar e aditivo estabilizador. Sua base é em cimento Portland.

Pesquisar o desempenho desse produto é indispensável para assegurar aos consumidores sua confiabilidade mediante ao atendimento dos requisitos mínimos previsto em normas a serem atendidos por uma argamassa bem como por meio da análise do seu comportamento traduzido pelas suas propriedades no estado fresco e endurecido.

Portanto, tendo em vista a carência de estudos sobre argamassa estabilizada na cidade de Palmas - TO, o presente trabalho de conclusão de curso desenvolveu uma pesquisa na qual avalia o produto oferecido no mercado local.

1.1 Objetivos da Pesquisa

1.1.1 Objetivo geral

Analisar a variação das propriedades físicas e mecânicas da argamassa estabilizada, com a variação do tempo de armazenagem em canteiro.

1.1.2 Objetivo específico

- a) Avaliar variação, em argamassas estabilizadas fornecidas por empresas selecionadas na cidade de Palmas – TO, para diferentes tempos de aplicação, de propriedades no estado fresco e endurecido. Para tanto, serão consideradas para o estado fresco as propriedades de: trabalhabilidade, densidade da massa, teor de ar incorporado; e para o estado endurecido: resistência de aderência à tração, resistência à tração na flexão e resistência à compressão.
- b) Averiguar as condições de armazenamento em canteiros de obras de Palmas - TO.

1.2 Justificativa

A argamassa estabilizada é apresentada como uma alternativa para obter maior controle de qualidade; a melhor logística no canteiro, que desencadeia a maximização da produtividade; redução de gasto com a mão de obra, e, se comparada com uma argamassa convencional, há um custo total menor da obra (TREVISOL JUNIOR, 2015). Essas vantagens impulsionam sua aceitação, intensificando a procura e tornando uma tendência sua consolidação no mercado da construção civil (HERMANN; ROCHA, 2013). Todavia, tem-se dado ênfase apenas nas vantagens que oferece, sobretudo nos custos e otimização do cronograma de obra, sem ser dada a devida relevância aos aspectos técnicos.

A introdução desse produto na cidade de Palmas – TO foi iniciada, conforme informações levantadas em campo, no ano de 2013 e teve larga expansão a partir de 2015. Desta forma, considerando sua recente utilização, pode-se julgar a argamassa estabilizada como um produto novo sobre o qual pairam dúvidas no que

tange sua qualidade, principalmente devido à falta de uma norma brasileira e de publicações referentes à garantia do desempenho das propriedades dessa argamassa no decorrer do tempo, assim como, as consequências do processo de estabilização – forma de armazenamento e uso de aditivos – no estado fresco ou estado endurecido.

A relevância de estudos sobre as argamassas se justifica, visto que o desempenho inadequado ocasiona prejuízos como comprometimento de suas finalidades e problemas patológicos que vão desde efeitos mecânicos à estéticos (BAUER, 2015). Esse desempenho impróprio pode ser intensificado nas argamassas estabilizadas, uma vez que estas, diferentemente do concreto usinado, não possuem uma rotina de controle de qualidade estabelecida. Atrelam-se a isso, os estudos já desenvolvidos que comprovam alterações nas propriedades da argamassa estabilizadas com o armazenamento (CASALI et al., 2011; CALÇADA et al., 2013; MACIOSKI, 2014), realizados em outras regiões do Brasil.

Diversas variáveis influenciam na qualidade de um revestimento tais como materiais, forma de execução, condições do substrato e condições ambientais as quais a argamassa estará sujeita. No entanto, apesar de estudos sobre a argamassa estabilizada já terem sido conduzidos em outras regiões do país, faz-se necessário estudar o desempenho do produto local uma vez que a matéria-prima utilizada é diferente, bem como as condições do meio, surgindo uma inquietação quanto à qualidade da argamassa produzida na cidade de Palmas – TO.

Adiciona-se a isso, o fato das empresas locais não possuírem tradição na manufatura do produto e a capacidade tecnológica das mesmas ser desconhecida. Nesse sentido, em recente estudo, Sousa (2017) constatou que as empresas de concreto que atuam no mercado da cidade objeto do estudo, (total de cinco empresas, em que quatro fornecem argamassa estabilizada) não atendem integralmente os requisitos de controle tecnológico. O autor verificou, por exemplo, que na caracterização do agregado miúdo (insumo de argamassa), só é realizado ensaio de granulometria e umidade. O primeiro é realizado apenas por uma empresa e o segundo, não é realizado na frequência adequada por uma das empresas.

Portanto é salutar estudar as argamassas estabilizadas para que sejam agregadas mais informações no que tange o desempenho do produto, e assim promovam mais confiabilidade no seu uso. Desta forma, contribuindo para uma inserção consciente no mercado da construção civil.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Histórico da argamassa

A argamassa surge da necessidade do homem em obter melhores moradias, saindo dos ambientes naturais para os abrigos construídos, havendo registro de seu uso há cerca de 11000 anos (DACHERY, 2015). O uso da argila para estancar as fendas entre os materiais utilizados para a construção de abrigos pode ser entendido como o primórdio da argamassa (TREVISOL JUNIOR, 2015) e no decorrer da história, com a união de materiais surgiu a argamassa, sendo as mais antigas a base de cal e areia (DACHERY, 2015).

Conforme Hermann e Rocha (2013) os povos fenícios, romanos e gregos já utilizavam as argamassas hidráulicas há mais de 3000 anos, com a finalidade de pavimentar edificações e promover ligação e revestimento nos blocos que compunham as paredes e muros. Essa argamassa era de cinzas vulcânicas e material inerte. Já Trevisol Junior (2015) relata que há mais de 10000 anos pedras calcárias eram calcinadas em fornos de lenha resultando em cal viva, sendo os gregos os primeiros a utilizarem-na como argamassa de revestimento. Com a introdução do cimento nas argamassas no século XX, foi que houve aprimoramento de suas propriedades, obtendo melhor durabilidade e resistência (MACIOSKI, 2014).

A argamassa foi introduzida no Brasil no início do primeiro século de colonização e era feita com a cal obtida pela queima de conchas e mariscos e aplicada em assentamento de bloco de pedras (HERMANN; ROCHA, 2013).

2.2 Definição, função e classificação da argamassa

A ABNT NBR 13281 (2005, p. 2) define argamassa como

Mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada).

Esta mistura tem diversas funções e a norma supracitada classifica as argamassas conforme suas funções principais em argamassas de assentamento e

argamassa de revestimento. Conforme Trevisol Junior (2015, p. 22) “a principal função da argamassa é absorver e transmitir as tensões atuantes não estruturais, de forma a unir e a solidarizar as unidades, criando uma estrutura única”. Referente à função de revestimento, Dachery (2015, p. 26), alicerçada nos estudos de Carasek (2007) e Baía e Sabbatini (2008), destaca que:

[...] ela deve proteger a base, sendo ela alvenaria ou estrutura de concreto, das ações provenientes de intemperismo e variações climáticas; deve ser capaz de contribuir para o isolamento térmico e acústico; ser estanque à água; ter certa resistência ao fogo e ao desgaste e abalos superficiais; ser capaz de regularizar a superfície dos elementos de vedação; e contribuir para a estética da edificação.

Considerando o exposto acima, percebe-se que a argamassa tem papel fundamental na durabilidade de uma edificação não se limitando a apenas aparência estética. Alves (2002) citando Peres (1985) menciona que, um revestimento é responsável por aproximadamente 70 a 100 % pela estanqueidade de uma vedação de alvenaria comum e referente ao isolamento acústico e térmico, 50 % e 30 % respectivamente.

Quanto à classificação, as argamassas podem ser enquadradas de acordos com critérios tais como os relacionados por Carasek (2010) no Quadro 1.

Quadro 1 – Classificações das argamassas

(Continua)

Critério de classificação	Tipo
Quanto à natureza do aglomerante	• Argamassa aérea • Argamassa hidráulica
Quanto ao tipo de aglomerante	• Argamassa de cal • Argamassa de cimento • Argamassa de cimento e cal • Argamassa de gesso • Argamassa de cal e gesso
Quanto ao número de aglomerante	• Argamassa simples • Argamassa mista
Quanto à consistência	• Argamassa seca • Argamassa plástica • Argamassa fluida
Quanto à plasticidade	• Argamassa pobre ou magra • Argamassa média ou cheia • Argamassa rica ou gorda

Quadro 1 – Classificações das argamassas

(Conclusão)

Critério de classificação	Tipo
Quanto à densidade de massa	• Argamassa leve • Argamassa normal • Argamassa pesada
Quanto à forma de preparo e fornecimento	• Argamassa preparada em obra • Mistura semipronta para argamassa • Argamassa industrializada • Argamassa dosada em central

Fonte: Carasek (2010).

A ABNT NBR 13529 (2013), define as argamassas conforme as condições de fornecimento ou preparo, natureza, número e tipo do aglomerante.

2.3 Desempenho

O desempenho de um revestimento em argamassa depende de vários fatores, como as condições dos substratos, das condições que é exposto, as ações dos usuários, e ao tipo e características da argamassa utilizada. Podem-se dividir os fatores em duas categorias: extrínsecos, que representam a solicitação sobre o sistema tais como as variações térmicas, vento, umidade, carregamentos, abrasão; e os intrínsecos, onde se enquadram as propriedades e características dos materiais constituintes do sistema de revestimento, como as características das argamassas. (DACHERY, 2015).

Para que a argamassa apresente desempenho adequado, é necessário que ela cumpra as funções para a dada finalidade. Hermann e Rocha (2013, p. 20) destacam que,

Na produção de argamassas de revestimento, devem-se atender diversas exigências, assegurando-se que certas propriedades sejam obtidas, além de um bom desempenho na aplicação, qualidade e durabilidade, tanto nos estados fresco e endurecido.

Além do exposto acima, deve destacar o papel e a influência da base para o sistema de revestimento para desempenho adequado do revestimento de argamassa.

A base ou subtrato é a superfície sobre a qual é aplicado o revestimento, e pode ser em alvenaria de blocos cerâmico, de blocos de concreto e as estruturas

de concreto. As características dessa base condicionam o processo de aderência, que se inicia após o contato dela com argamassa. Esse processo acontece devido ao movimento da água, que possui os produtos de hidratação do cimento, em direção à base devido à sucção capilar que esta exerce, permitindo então a fixação da argamassa, por meio de ancoragem mecânica (FERREIRA, 2010). A porosidade regula a capacidade de absorção de água e para o bom desenvolvimento da aderência, associa-se a ela, a textura da base, uma vez que a rugosidade desta se constitui em pontos de ancoragem (BAUER, 2005).

Para que tenha um desempenho do revestimento, é necessário que se promova o preparo da base, com a remoção de detritos, irregularidades, prévio umedecimento, remoção de desmoldantes e sujeiras (BAUER, 2005). Com a finalidade de adequar as condições da base, além dessas medidas, lança-se mão do uso de chapisco. Conforme Bauer (2005, p. 9), esse preparo de base tem a finalidade de conferir ao subtrato a textura rugosa e porosidade favoráveis ao desenvolvimento da aderência. Conforme o autor

o chapisco tem função de regular a capacidade de sucção por parte do subtrato. Assim, substratos de altíssima sucção (como por exemplo as alvenarias de concreto celular) têm no chapisco um elemento que diminui a intensidade do transporte de água das argamassas para o subtrato. Em contraposição, substratos com sucção muito baixa (como é o caso dos elementos estruturais em concreto), necessitam do chapisco como elemento incrementador da sucção de água da argamassa, com o intuito do desenvolvimento adequado da aderência argamassa-subtrato.

2.4 Constituintes básicos da argamassa

Os materiais que compõe a argamassa exercem influência no que tange as suas propriedades. Considerando isso, é necessário conhecê-los, sendo que os constituintes utilizando tradicionalmente na mistura, além da água, são: cimento Portland, cal e areia.

O cimento Portland é um aglomerante hidráulico formando a partir da mistura clínquer moído (constituído de calcário e argila) com gesso (SANTOS, 2008). Esse aglomerante é responsável pela junção dos agregados, pela plasticidade e propriedades mecânicas, sendo que a primeira se deve à finura do cimento e a segunda, às reações químicas de hidratação do cimento, que forma o silicato de cálcio hidratado (C-S-H), consistindo em um composto de alta resistência

quando desenvolvido (MOURA, 2007).

Segundo Matos (2013, p. 21), o cimento “proporciona resistência às argamassas, aumenta a aderência, trabalhabilidade e retenção de água”. Já Moura (2007, p. 31) menciona que quanto maior a finura do cimento, “maior a resistência da argamassa, melhor trabalhabilidade, menor a permeabilidade e melhor capacidade de retenção de água”, porém, esta autora alerta que o alto teor de finos pode ser prejudicial à argamassa devido à retração por secagem. Referente à finura do cimento, Carasek (2010) alerta que devido à retração, há a formação de fissuras, comprometendo a estanqueidade do revestimento e que altos teores de cimento na mistura podem culminar em alta rigidez, retrações, fissuração e descolamento do revestimento.

O outro aglomerante geralmente utilizado em argamassas é a cal, que se trata de uma mistura química de hidróxidos de cálcio e de magnésio, que possuem capacidade aglomerante, óxidos não hidratados e contaminantes (POLITO, 2008). Dentre as contribuições desse material à argamassa, menciona-se a melhora da plasticidade, trabalhabilidade, retenção de água, capacidade de absorver deformações (POLITO, 2008) e capacidade de aderência (FERREIRA, 2010).

A plasticidade, que colabora com a trabalhabilidade, conferida pela cal às argamassas, é proporcionada pela elevada finura do material, que atua como lubrificante sólido entre as partículas de areia, diminuindo o atrito entre estas. A absorção de deformações é proporcionada pelo baixo módulo de deformação que a argamassa com cal possui (FERREIRA, 2010).

Para a retenção de água a presença da cal é importante, pois evita que a argamassa perca água para o subtrato ou por evaporação, já que a cal é um material de elevada finura e área específica (MOURA, 2007). Conforme Guimarães (2002, p. 260) essa propriedade de reter água se deve a cal possuir “cristalinos muito pequenos e com capacidade de reter em sua volta uma película líquida de água firmemente aderida”, contribuindo então para o bom desenvolvimento das reações de hidratação, ao estocar água necessária para esta, evitando problemas de fissuração oriundos de retrações (Bauer 2005). A liberação da água retida em torno das partículas de cal dá-se pela reação desta com o CO_2 (POLITO, 2008).

A aderência é favorecida, pois a cal faz com que a extensão de aderência seja aumentada, já que a argamassa que possui cal, segundo Carasek (2001 *apud* FERREIRA, 2010), “proporciona um preenchimento da superfície do substrato

deforma mais fácil e completa, proporcionando maior extensão de aderência”. (CARASEK, 2010).

A areia é empregada como agregado miúdo e tem a função, conforme Moura (2007, p. 32) de “ser o esqueleto inerte da argamassa, reduzindo o custo de produção, por ocupar maior volume em relação ao cimento e a cal”. Esse material é caracterizado por grãos que passam em peneira de abertura 4,75mm e ficam retidos em peneira de abertura 150 μ m (ABNT NBR 7211, 2005).

Esse agregado possui influência sobre as propriedades das argamassas, tanto pela sua proporção na mistura quanto pelas suas características inerentes. Quando ao primeiro, altos teores de agregados podem comprometer a resistência de aderência à tração e a capacidade de retenção de água (CARASEK, 1996; CARNEIRO, 1999 *apud* MOURA, 2007). Quanto ao segundo, as características de granulometria, módulo de finura e textura dos grãos, exercem influência, por exemplo, na consistência, trabalhabilidade, retenção de água, resistência mecânica, resistência de aderência (MOURA, 2007).

Referente à granulometria, areia grossas possuem menor trabalhabilidade, conseqüentemente, diminui a extensão de aderência no substrato (CARASEK, 2001 *apud* FERREIRA, 2010). A uniformidade da distribuição impacta na consistência, já que uma distribuição em grãos em uma única faixa requer maior quantidade de água, fazendo com que no estado endurecido se tenha maior porosidade na argamassa. Por outro lado, uma distribuição continua corrobora para uma maior compacidade (MOURA, 2007). Já o alto teor de finos presentes na areia, é prejudicial, pois os finos podem recobrir o grão de areia, comprometendo a adesão deste com o aglomerante ou ainda, podem penetrar nos poros do substrato ocupando o lugar dos produtos de hidratação do cimento (MOURA, 2007).

Quando o módulo de finura aumenta, segundo Arnold e Kazmierczak (2009 *apud* MACIOSKI, 2013, p. 40), “acréscimos na resistência à compressão, na densidade de massa no estado fresco e no módulo de elasticidade dinâmico da argamassa, e diminuição do teor de ar incorporado e do coeficiente de capilaridade”.

Já a textura interfere na trabalhabilidade, uma vez que a geometria do grão condiciona a magnitude do atrito entre as partículas de areia (MOURA, 2007).

2.5 Propriedades das argamassas

As argamassas devem ser capazes de suportarem as condições as quais estão sujeitas, sem que se percam suas propriedades, pois são elas que garantem a que as funções sejam atendidas. Essas propriedades podem ser agrupadas em estado fresco e estado endurecido (BAÍIA; SABBATINI, 2008 *apud* DACHERY, 2015).

2.5.1 Propriedades no estado fresco

2.5.1.1 Consistência e trabalhabilidade

A norma ABNT NBR 13276 (2005) conceitua consistência como uma propriedade que pode ser determinada por um índice e está relacionada à trabalhabilidade. Conforme Moura (2007, p. 37), alicerçada em Tristão (1995), “a consistência é definida como a capacidade das argamassas de resistirem a deformações sob a ação de cargas externas”.

Diversas características influenciam na consistência, podendo agrupá-las em (BAUER, 2005):

- Internos: teor de água, proporção entre os agregados e aglomerantes, natureza e teor dos plastificantes, distribuição granulométrica e textura dos grãos, natureza e teor dos aditivos;
- Externos: tipo de mistura, forma de transporte, forma de aplicação e características do substrato.

Há um ganho de consistência e plasticidade por meio de ar incorporado à argamassa. Trevisol Junior (2015) destaca que a presença de cal e aditivos incorporadores de ar melhora essa propriedade até certo limite.

O ensaio do índice de consistência, denominado *flow table*, é descrito na ABNT NBR 13276 (2005), e nele essa propriedade é determinada por meio do espalhamento após aplicação de certa quantidade de golpes na mesa de consistência.

A trabalhabilidade é uma propriedade de difícil avaliação qualitativa e para avaliá-la se recorre as outras propriedades como a consistência e plasticidade, sendo essas duas últimas interligadas, e não devem ser tratadas de forma separadas quando se avalia a trabalhabilidade. (BAUER, 2005, p. 26). Referente à

plasticidade, essa pode ser compreendida como propriedade da argamassa de absorver as deformações decorrentes das ações de cargas (TRISTÃO, 1995 *apud* MOURA, 2007). De acordo com Rilem (1982) *apud* Bauer (2005, p. 25):

Trabalhabilidade é a facilidade do operário de trabalhar com a argamassa, que pode ser entendida como um conjunto de fatores inter-relacionados, conferindo boa qualidade e produtividade na sua aplicação. Considerando ainda que a consistência e a plasticidade são as propriedades reológicas básicas, que caracterizam a trabalhabilidade.

Selmo (1989 *apud* BAUER, 2005, p. 25) menciona que uma argamassa tem boa trabalhabilidade quando:

[...] deixa penetrar com facilidade pela colher de pedreiro, sem ser fluida; mantendo-se coesa – sem aderir à colher – ao ser transportada para a desempenadeira e lançada contra a base; e permanece úmida o suficiente para ser espalhada, cortada (operação de sarrafeamento) e ainda receber o tratamento superficial previsto.

A trabalhabilidade inadequada apresenta consequências para argamassas tais como: aspereza, segregação, excesso ou falta de fluidez, menor adesão inicial, dificuldade para aplicação no substrato, exsudação e dificuldade para início das operações de acabamento (BAUER, 2015).

2.5.1.2 Massa específica e teor de ar incorporado

A massa específica é definida como a relação entre a massa da argamassa e o seu volume. Quando se considera os vazios presentes na argamassa, a massa específica é dita relativa. Se os vazios não forem considerados, ela é dita absoluta (SANTOS, 2008). A massa específica varia com a quantidade de ar incorporado na argamassa e com as massas específicas dos materiais que a compõe (CARASEK 2008 *apud* TREVISOL JUNIOR, 2015).

O teor de ar incorporado é definido como a relação entre a quantidade de ar presente em um determinado volume de argamassa, sendo esse ar é a soma do ar incorporado e aprisionado (SANTOS, 2008). Cabe diferenciar que o ar aprisionado são bolhas irregulares e instáveis (MOURA, 2007) e que este, segundo Alves (2002, p. 41) “não é capaz de melhorar as propriedades da argamassa no estado fresco e endurecido”.

Conforme Sabbatini e Baía (2008 *apud* TREVISOL JUNIOR, 2015, p. 51), “os valores da massa unitária e do teor de ar incorporado interferem diretamente na trabalhabilidade da argamassa, ou seja, quanto maior o teor de ar, maior a trabalhabilidade da argamassa”. Quanto a esta melhoria nas propriedades no estado fresco, em função do acréscimo de teor de ar, Moura (2007) destaca que não se trata de um comportamento linear, pois a partir de uma determinada faixa o desempenho da argamassa é comprometido.

A ABNT NBR 13278 (2005) define os métodos para determinação da massa específica e teor de ar incorporado.

2.5.1.3 Retenção de água

Conforme Bauer (2005, p. 34), a retenção de água

Corresponde à propriedade que confere a argamassa a capacidade dessa não alterar sua trabalhabilidade, mantendo-se aplicável por um período adequado de tempo quando sujeita a solicitações que provoquem perda de água seja ela por evaporação, sucção do substrato ou reações de hidratação.

A retenção de água permite que hidratação do cimento ocorra de forma paulatina nas idades avançadas, promovendo ganho de resistência e evitando problemas de fissuração provocada por retração (BAUER, 2005). Moura (2007) menciona que a redução na retração plástica proporcionada pela alta retenção de água é um benefício, apesar de que argamassa com essa característica exigir maior tempo para o sarrafeamento e desempenho. Além disso, caso a água se perca, há consequências sobre a aderência, capacidade de absorver deformações e resistência mecânica (DACHERY, 2015). O movimento de perda de água para o substrato se dá por meio do mecanismo de capilaridade e a perda para o ambiente se dá por evaporação (BAUER, 2005). A hidratação precoce do cimento também é um mecanismo de perda de água (TRISTÃO, 1995 *apud* MOURA, 2007).

Para determinar a retenção de água, a ABNT NBR 13277 (2005) estabelece o método.

2.5.1.4 Aderência inicial

Essa propriedade corresponde à capacidade da argamassa no estado fresco de se fixar no substrato ao ser lançada. Isso acontece por causa do fenômeno mecânico, em que a pasta da argamassa penetra nos poros do substrato. Bauer (2005) explica essa propriedade, alicerçado nos estudos de Selmo (1989), da seguinte maneira:

Uma vez que a argamassa molha a base através da pasta, parte da água de amassamento, contendo os aglomerantes em dissolução, é succionada pelos poros da base. No interior destes, ocorre à precipitação e hidratação dos silicatos e hidróxidos, seu consequente endurecimento progressivo e a ancoragem da argamassa à base (SELMO, 1989). A microestrutura da interface argamassa-substrato é de suma importância para um bom desempenho do revestimento.

Para que essa aderência inicial ocorra de maneira satisfatória, o seguinte conjunto de fatores elencados deve ser considerado:

- A textura do substrato deve apresentar rugosidade adequada, já que o intertravamento mecânico se dá pela penetração da pasta da argamassa na irregularidade da base (BAUER, 2005);
- Energia de aplicação adequada (BAUER, 2005);
- Realização da operação de aperto (BAUER, 2005);
- Retenção de água deve ser compatível com a sucção do substrato e às condições climáticas do ambiente (HERMANN; ROCHA, 2013) e
- Substrato deve estar limpo.

2.5.1.5 Retração na secagem

A retração é uma contração volumétrica oriunda de fenômenos de diversas naturezas, cada qual contribuindo com uma parcela. A perda de água da pasta de cimento por meio da evaporação e da sucção do substrato pode ser vista como o principal fator que contribui para a retração. Atrela-se a ela, com menor significância, a retração por carbonatação, retração autógena e retração por hidratação (BASTOS, 2001).

A perda de água no estado fresco ocorre principalmente pela água de amassamento e é chamada de retração plástica. Conforme Bastos (2001, p. 9)

A retração plástica é a retração por perda de água da pasta, argamassa ou

concreto no estado fresco, que ocorre antes da pega do cimento, quando a fração sólida da mistura dispõe de mobilidade, de umas partículas em relação às outras e como consequência da restrição aparecem tensões de tração na argamassa, que podem levar à fissuração do revestimento.

Já no estado endurecido, a perda da água adsorvida às superfícies dos componentes sólidos da pasta é considerada a principal causa (BASTOS, 2001).

Como consequência da retração, ocorre o surgimento de fissurações, que por sua vez, acabam sendo um caminho preferencial à percolação de água (HERMANN; ROCHA, 2013). Também há o surgimento de fissuras na interface do substrato com argamassa que compromete a aderência (BAUER, 2005).

Possuem influência direta sobre essa propriedade: os agregados, finura do aglomerante, espessura do revestimento e o volume de água (BAUER, 2005).

2.5.2 Propriedade no estado endurecido

2.5.2.1 Resistência de aderência à tração

A ABNT NBR 13528 (2010, p. 1) define resistência de aderência à tração como “a tensão máxima suportada por uma área limitada de revestimento (corpo de prova), na interface de avaliação, quando submetida a um esforço normal de tração”.

Conforme Carasek (1996 *apud* TREVISOL JUNIOR, 2015, p. 53), “a aderência da argamassa endurecida ao substrato é um fenômeno essencialmente mecânico, devido, basicamente, à penetração da pasta aglomerante ou da própria argamassa nos poros ou entre as rugosidades da base de aplicação”. Bauer (2005, p. 47) destaca que,

A aderência, propriamente dita, se define como a propriedade que possibilita ao revestimento, por meio da interface argamassa-substrato, absorver e resistir a esforços normais e tangenciais. Em outras palavras, representa a capacidade do revestimento em manter-se estável, com ausência de fissuração e fixo ao substrato.

A aderência depende das propriedades da argamassa no estado fresco (como a retenção de água e o teor de ar incorporado) dos procedimentos de execução e da natureza e características do substrato (SABBATINI; BAÍIA, 2008 *apud* TREVISOL JUNIOR, 2015). Ressalta-se com isso, que a aderência é uma propriedade que depende da interação entre as camadas que constituem o sistema

de revestimento - base, chapisco e revestimento (ABNT NBR 13528, 2010), não sendo então uma propriedade particular da argamassa.

A aderência pode ser vista como o resultado de três fases (BAUER, 2005):

- Adesão inicial (aderência inicial): instantes iniciais que a argamassa foi lançada no substrato;
- Adesão: momento seguinte à aplicação, no qual a argamassa vai perdendo sua plasticidade e ganhando consistência, consequentemente, enrijecendo;
- Aderência: momento a partir do qual há perda de água até o endurecimento progressivo da argamassa mediante a hidratação do aglomerante.

A resistência de aderência tração pode ser determinada por meio do ensaio descrito na norma ABNT NBR 13528 (2010). Os parâmetros de resistência variam de acordo com o tipo de aplicação que se destina a argamassa e estão estabelecidos na ABNT NBR 13749 (2013).

2.5.2.2 Capacidade de absorver deformações

Conforme Carasek (2007 *apud* SANTOS, 2008), a responsabilidade do revestimento em absorver deformações se limita as pequenas deformações, motivadas da ação da umidade e temperatura não cabendo a ela resistir a deformações de grande amplitude, oriundas de recalques estruturais, por exemplo.

As argamassas quando expostas as pequenas tensões deve suportá-las sem apresentar deformações ou rupturas que comprometa a estrutura, aderência, estanqueidade e durabilidade (MACIEL; BARROS; SABBATINI, 1998 *apud* SANTOS, 2008).

A capacidade de absorver deformações depende de fatores que são elencados abaixo (SANTOS 2008):

- Aperto: compressão da argamassa após a aplicação ajuda no não aparecimento de fissuras que posteriormente pode comprometer a aderência, estanqueidade e durabilidade;
- Espessura das camadas: trabalhar com espessuras maiores e que não comprometam a aderência ou aumente a retração;

- Juntas de trabalho: limitam as fissuras, uma vez que restringe as dimensões do painel de acordo com suas deformações;
- Módulo de deformação da argamassa: quanto menor, maior será a capacidade de deformação. Esse fator está relacionado ao teor de cimento.

2.5.2.3 Resistência mecânica - resistência à compressão e à tração na flexão

A resistência à compressão é a propriedade que o revestimento deve apresentar frente às ações de diferentes naturezas, oriundas da abrasão, compressão, tração e impactos. Conforme Moura (2007), a resistência mecânica em argamassa não é parâmetro que caracteriza as argamassas como para o concreto, porém, a sua relevância se deve à relação com as demais propriedades, entre as quais a autora menciona a capacidade de suportar esforços de tração, capacidade de absorção e permeabilidade.

Essa propriedade sofre influência do teor e natureza do aglomerante, dos agregados e das técnicas de execução (SABBATINI; BAÍA, 2008 *apud* HERMANN; ROCHA, 2013). Trevisol Junior (2015) aponta que a resistência mecânica é inversamente proporcional à relação água/cimento da argamassa, pois quanto menor essa relação menor é a porosidade provocada pela evaporação das águas dos poros. Os teores de ar incorporado e aprisionado também influem na quantidade de vazios na argamassa, consequentemente na resistência mecânica (MOURA, 2007). Nos estudos de Carasek (1996 *apud* MOURA, 2007), a autora constatou relação proporcional entre a resistência à compressão e a resistência de aderência. Isso se deve ao maior teor de cimento que favorece as duas propriedades.

Já a resistência de tração medida indiretamente pela flexão, é uma propriedade que possui relação com a fissuração, já que essas surgem quando a resistência à tração suportada pelo revestimento é superada pelos esforços atuantes (CARNEIRO, 1993 *apud* MOURA, 2007) assim como no concreto, em que as fissuras são produzidas por ruptura à tração devido a esforços geralmente de retração (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

A norma ABNT NBR 13279 (2005) descreve o método para a determinação da resistência à compressão e à tração na flexão de argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos, no estado endurecido.

2.5.2.3 Absorção de água – Capilaridade

A absorção de água é definida pelos poros presentes na argamassa endurecida, que variam de tamanho e em continuidade. São esses poros que também determinam o coeficiente de capilaridade da argamassa. A absorção de água de um sólido possui relação inversa com a resistência à compressão (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

Conforme a NBR 15259 (2005), a absorção de água por capilaridade é definida pela variação da massa de um corpo de prova pela seção transversal que fica em contato com a água em certo período de tempo.

Além de interferir na resistência, os poros permitem que aconteça a percolação de água, comprometendo a estanqueidade do revestimento (SABBATINI; BAÍA, 2008 *apud* DACHERY, 2015).

2.5.2.4 Durabilidade

Segundo Hermann e Rocha (2013) a durabilidade é a propriedade da argamassa que reflete o seu desempenho no decorrer do tempo frente ação do meio externo, tais como ações físicas, químicas e mecânicas oriundas das intempéries.

Dachery (2015, p. 22) destaca que “durabilidade pode ser prejudicada em função de diversos fatores, e entre eles podemos citar a fissuração, a espessura excessiva, a qualidade e a falta de manutenção”.

2.6 Argamassa estabilizada

A argamassa estabilizada pode ser entendida como uma variante das argamassas dosadas em central. Sua diferenciação está no fato de ser entregue pronta para o uso e a capacidade de se manter trabalhável por um período preestabelecido. Isso é possível devido aos aditivos estabilizadores e incorporadores de ar que integram sua composição (DACHERY, 2015). A dinâmica de produção e transporte dessa argamassa se assemelha com a do concreto usinado.

Essa argamassa surgiu em meio à crise na indústria da construção civil durante a década de 1970 na Alemanha Ocidental, fazendo com que a baixa demanda de concreto estimulasse o estudo e produção de argamassa dosada em central. A argamassa desenvolvida era entregue na consistência desejada e

permanecia trabalhável por períodos de 2 a 3 dias, sendo esse o diferencial das demais argamassas industrializadas que já existiam desde a década de 1950 (MARTINS NETO; DJANIKIAN, 1999). Conforme Barcelos (2011) citado por Trevisol Junior (2015, p. 37)

As argamassas estabilizadas são derivadas das argamassas industrializadas; são produzidas da mesma forma, porém as estabilizadas necessariamente apresentam em sua composição alguns aditivos, os quais são os responsáveis pela melhora de suas propriedades no estado fresco sem prejudicar suas propriedades no estado endurecido e passam por um rígido controle de qualidade.

Matos (2013) reforça essa ideia, mencionando que há grandes semelhanças entre as argamassas estabilizadas e as industriais, havendo diferenças devido à substituição da cal por aditivos incorporadores de ar nas estabilizadas. O autor destaca ainda que a maior diferença é aplicação de aditivos estabilizadores de hidratação que retardam as reações de hidratação do cimento

Na nova versão da ABNT NBR 13529 (2013, p. 7) foi incluída em suas definições que argamassa dosada em central é aquela “cujos materiais constituintes são medidos e misturados em central dosadora, fornecida em estado fresco, pronta para uso”. Se comparar com a antiga versão (ABNT NBR 13529, 1995, p. 3), percebe-se que houve uma evolução no conceito, evidenciando-se que essa prática de confecção e fornecimento de argamassa tem se difundindo e alcançando expressividade.

No Brasil o estudo a respeito de argamassa dosada em central surgiu no final da década de 1970 e teve boa aceitação do mercado durante a década de 1980. A argamassa estabilizada começou a ser desenvolvida em Curitiba – PR no ano de 2009 e em Florianópolis - SC, em 2010, tem-se a primeira central inaugurada para a produção de argamassa estabilizada (TREVISOL JUNIOR, 2015).

2.6.1 Vantagens e desvantagens

Como mencionado, a argamassa estabilizada possui como diferencial a produção na central e o fato de ser entregue pronta para uso no canteiro de obras, mantendo suas características durante um período preestabelecido. Esse processo culmina nas seguintes vantagens, elencadas por Matos (2013):

- Melhora a logística: a argamassa é entregue pronta para o uso em recipiente que ficam próximos as frentes de trabalho, minimizando a etapa de transporte dentro da obra;
- Redução de perdas: a argamassa mantém suas características, podendo ser utilizada em outros dias, enquanto com as argamassas convencionais, as sobras são descartadas ao fim do dia, além de perdas eventuais na estocagem, produção e transporte;
- Limpeza da obra: reduz a quantidade de resíduo gerado da produção da argamassa em canteiro;
- Padronização da mistura: a dosagem é realizada em central com controle rigoroso;
- Redução da mão de obra: como as etapas de mistura e transporte de argamassa são suprimidas, há menor demanda de mão de obra que seriam para essas atividades;
- Maior qualidade da argamassa, já que elimina a responsabilidade de dosagem na obra.

Outro fator que é destacado por Macioski (2014, p. 16) é que ocorre ganho de tempo no início da jornada de trabalho, “pois ao chegarem à obra, os pedreiros já encontram a argamassa pronta para ser usada e permanece disponível para os operários até os momentos finais da jornada de trabalho”. Sendo uma argamassa produzida na indústria, pode-se ainda destacar que há a eliminação de áreas de estocagem de materiais – cimento, cal e areia – dentro do canteiro bem como a inconveniência muitas vezes criada pelo descarregamento desses insumos no canteiro.

Referente aos custos, estudo comparativo entre argamassa estabilizada e a tradicional realizado por uma empresa de Goiânia para um de seus empreendimentos, apontou uma redução de 1,55% com uso da argamassa estabilizada (CALVIÑO, 2016). Para essa empresa a motivação para realizar o comparativo foram as vantagens oferecidas pela argamassa estabilizada, sendo mencionado pela empresa: dispensa do emprego da mão de obra para preparo do insumo, facilidade de logística das operações, mais controle e menos desperdício e agilidade no cronograma.

O processo pelo qual a argamassa é produzida impacta na sua qualidade.

Hermann e Rocha (2013, p. 37) ressaltam que “a produção é feita em centrais dosadoras, como as de concreto, com um rígido controle de produção, o que garante a homogeneidade do produto e a redução do risco do surgimento de manifestações patológicas quando aplicadas” e SABBATINI e BAÍA (2000 *apud* MACIOSKI, 2014) menciona que um dos maiores motivos de aparecimento de patologias no passado é utilização de formas retrógradas na produção de argamassas. Com o uso de argamassa estabilizada, pode-se teoricamente, ser evitadas correções no traço durante a obra, como por exemplo, o acréscimo de água feito por pedreiro para aumentar a trabalhabilidade da argamassa convencional podendo culminar na redução da resistência mecânica e contribuir para fissurações (BAUER, 2005). Evitam-se também discrepâncias entre o traço especificado e o traço realmente utilizado na obra (MARTINS NETO; DJANIKIAN, 1999).

Como desvantagens, Matos (2013) destaca a necessidade de um planejamento mais apurado das quantidades diárias de argamassas e a redução da rigidez da argamassa em dias mais úmidos. Já Tavares (2008 *apud* TREVISOL JUNIOR, 2015) aponta que há redução ou perda de fluidez com decorrer do tempo, maior tempo para iniciar o desempenho.

A falta de informações relacionadas ao desempenho do produto também se constitui uma desvantagem. Não há no Brasil norma que trate da argamassa estabilizada para revestimento. Macioski (2014) menciona o fato das normas brasileiras não preverem ensaios para materiais dosados com aditivos inibidores de hidratação.

Procurando sanar essa carência de informações, estudos têm sido desenvolvidos em diversas partes do país. Em seus estudos, Bauer (2015) estabelece perfis de desempenho da argamassa estabilizada, instituindo então um parâmetro para os projetistas, para a produção e o controle das argamassas, podendo o produtor alterar as opções de materiais, desde que atenda as faixas de perfis. O autor sugere ainda a necessidade urgente de uma normativa brasileira para argamassa estabilizada para revestimentos.

Na pesquisa realizada por Macioski (2014) são avaliadas argamassas estabilizadas para revestimento utilizadas por obras de Curitiba – PR, o autor chama atenção de que apesar de se manter no estado fresco por longo período, os lotes analisados não mantiveram suas características, sendo identificada falta de homogeneidade entre os lotes que eram comercializados como sendo o mesmo

produto. Nesse estudo ainda é sugerido um controle mais rigoroso sobre as argamassas estabilizadas, métodos de ensaio específicos e limites mínimos de desempenho.

A forma de armazenamento da argamassa estabilizada no canteiro foi objeto de estudo de Mann Neto, Andrade e Soto (2010), que verificaram a influência da colocação da película de água sobre a argamassa, sendo essa uma recomendação feita pelos fornecedores da região estudada para a conservação da argamassa, possivelmente pela contenção de perda de água da argamassa por evaporação. A motivação desse estudo foi à constatação de que essa prática não era feita nas obras. A conclusão foi que, a colocação da película e a sua posterior mistura com a argamassa estabilizada, ajudou na melhora da trabalhabilidade nas idades avançadas. Houve lotes nos quais a quantidade de aditivos contribuiu para retenção de água mesmo sem o uso da película. Já a diminuição da resistência ao longo do tempo dos lotes com películas, possivelmente, deu-se pelo aumento na relação água/cimento.

O desempenho da argamassa estabilizada aplicado em alvenaria chapiscada e substratos em concreto chapiscado, foi analisado por Dachery (2015), a qual concluiu que a argamassa estabilizada estudada teve bom desempenho, ficando apenas alguns valores de consistência abaixo do usual. Quanto aos substratos, o revestimento aplicado em concreto apresentou melhor desempenho que o substrato cerâmico.

Trevisol Junior (2015) estudou o desempenho de quatro argamassas: duas industriais, uma produzida em obra e uma estabilizada. A conclusão obtida foi que a argamassa estabilizada estudada, se comparada às demais argamassas analisadas, atendeu aos desempenhos normativos em todo o decorrer do tempo, constatando que a argamassa estabilizada é uma solução técnica viável e que as propriedades mecânicas não sofreram interferência devido aos diferentes tempos de utilização no estado fresco.

A pesquisa realizada por Nolêto (2016) avaliou a resistência de aderência de argamassa estabilizadas fornecidas por 4 empresas da cidade de Palmas – TO, e constatou que nenhuma das argamassas estudadas alcançaram valores representativos iguais ou superior à 0,3 MPa, estabelecido na ABNT NBR 13749 (2013) para um revestimento externo, alcançando apenas os 0,2 MPa estabelecido na referida norma para um revestimento interno. Nesse estudo não foi avaliado a

variabilidade do desempenho da argamassa estabilizada com o decorrer do tempo de aplicação.

Os estudos mencionados acima, não são convergentes ao ponto de se afirmar que as argamassas estabilizadas são um produto que possui desempenho garantido, sendo que as conclusões obtidas por cada autor supracitado variam de acordo com a argamassa fornecida ou confeccionada para cada um dos estudos.

Há dúvidas ainda sobre o impacto da forma de mistura da argamassa estabilizada, promovida em um caminhão betoneira, sobre a qualidade, uma vez que não é o misturador mais adequado para argamassas. Oliveira (2008, p. 25) destaca que “os misturadores de queda livre (ou gravitacionais), também conhecidos como betoneira, não são indicados para a mistura da argamassa, pois não garantem a perfeita homogeneidade da mistura”.

2.6.2 Aditivos

Como mencionado, além do aglomerante e agregado, na composição das argamassas estabilizadas são acrescentados aditivos incorporador de ar e aditivo estabilizador de hidratação. Conforme a ABNT NBR 11768 (1992, p. 2) os aditivos “são produtos que quando adicionados em pequena quantidade a concretos e argamassas de cimento Portland modificam algumas propriedades físicas ou químicas no sentido de melhor adequá-las a determinadas condições”

A nova versão dessa norma (ABNT NBR 11768, 2011) classifica os aditivos em: aditivo redutor de água/plastificante, aditivo de alta redução de água/superplastificante tipo I, aditivo de alta redução de água/superplastificante tipo II, aditivo incorporador de ar, aditivo acelerador de pega, aditivo acelerador de resistência, aditivo retardador de pega. Para esses aditivos, a norma estabelece além dos requisitos gerais, requisitos específicos. Outros aditivos não enquadrados dentro da classificação da norma são tidos como especiais e são mencionados a título de exemplo pela ABNT NBR 11768 (2011).

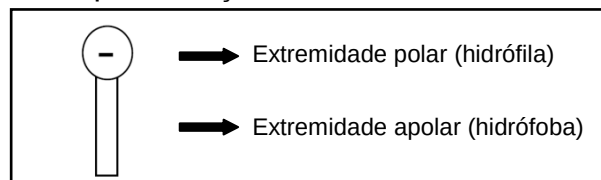
2.6.2.1 Aditivo incorporador de ar

A definição para esse tipo de aditivo constante na ABNT NBR 11768 (2011) é “aditivo que permite incorporar, durante o amassamento do concreto, uma

quantidade controlada de pequenas bolhas de ar, uniformemente distribuídas, que permanecem no estado endurecido”. O aditivo incorporador de ar é um produto orgânico, que pode ser em pó ou solução, que ao ser adicionado ao concreto ou argamassas, produzem certas quantidades de bolhas microscópicas de ar (ALVES, 2002).

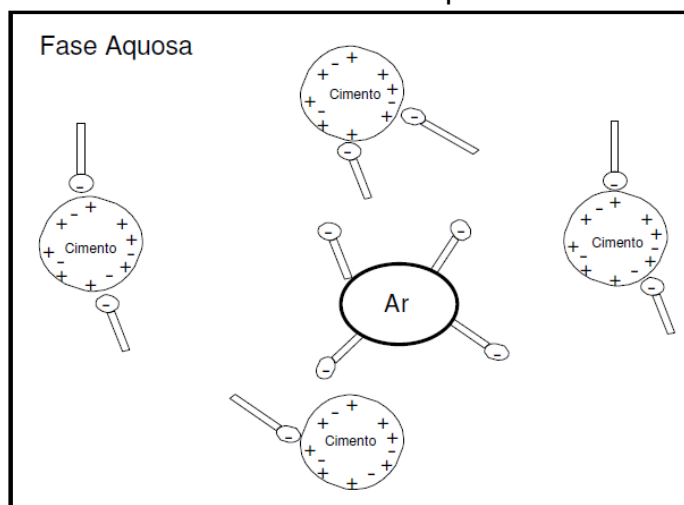
A formação de bolhas de ar é possível devido o agente incorporador de ar é um tensoativo, possuindo então a característica de serem adsorvidos. Esse material possui uma porção polar (cabeça), que possui afinidade com água, e outra apolar (cauda), que não possui afinidade com água, possuindo então dupla natureza. Quando adicionado à pasta de cimento, a parte polar, mesmo que tenha afinidade com água, tendem a se adsorver nas partículas de cimento, fazendo com que estas passem então a repelir a água devido à parte apolar ficar voltada para fase aquosa. As bolhas se formam pelos tensoativos livres na fase aquosa (ALVES, 2002). A Figura 1 ilustra uma molécula de tensoativo e a Figura 2 ilustra a formação das bolhas de ar pelos tensoativos livres.

Figura 1 – Representação de uma molécula de tensoativo



Fonte: Bauer (2005).

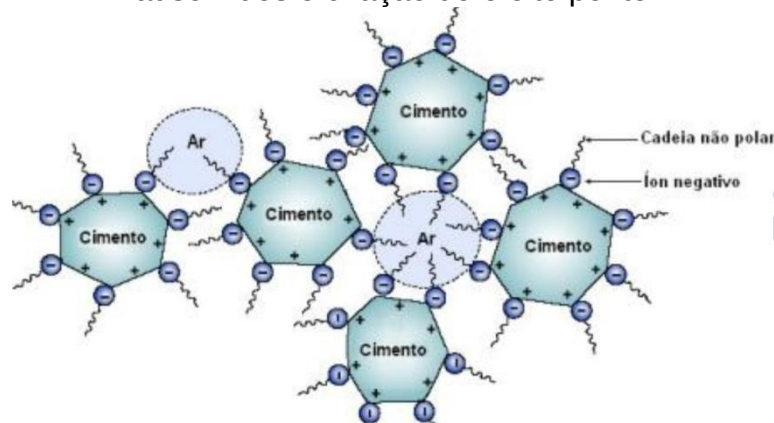
Figura 2 – Bolhas de ar formadas por tensoativos livres



Fonte: Bauer (2005)

Alves (2002) destaca que geralmente a literatura menciona que apenas os tensoativos livres são responsáveis pela produção das bolhas de ar. Porém, o autor reforça que os tensoativos que estão adsorvidos à partícula de cimento também contribuem para formação das bolhas, e criam uma espécie de efeito ponte, ligando as partículas de cimento, configurando ao sistema maior estruturação e consequentemente, maior plasticidade e consistência para a argamassa. A Figura 3 ilustra a atuação dos tensoativos adsorvido à partícula de cimento, criando o efeito ponte.

Figura 3 – Criação de bolhas de ar pelos tensoativos adsorvidos e criação do efeito ponte



Fonte: Mehta e Monteiro (2008).

Ao serem adicionadas bolhas de ar à argamassa a intenção é melhorar sua trabalhabilidade, permitindo a confecção de argamassas sem cal. Além disso, outras propriedades são melhoradas tais como: redução do módulo de deformação (maior capacidade de absorver deformações), redução da retração, diminuição da exsudação e redução da massa específica. A ABNT NBR 13529 (2013) em suas definições menciona que o incorporador de ar reduz a densidade e confere a argamassa melhor trabalhabilidade.

A redução da massa específica proporcionada pela incorporação das bolhas de ar tem consequência direta no rendimento da argamassa, obtendo-se um maior volume para a mesma quantidade de material, se comparada com argamassa sem aditivo. As bolhas de ar permitem ainda que se tenha uma redução da quantidade de água da mistura para a mesma condição de aplicação, devido à plasticidade e consistência, e consequentemente com a redução de água, melhora-se a resistência (ALVES, 2002).

Referente à capilaridade, conforme Alves (2002), a presença de bolhas de ar impede o transito de líquidos pelos capilares. Moura (2007) citando Paulo (2006) explica isso dizendo que as bolhas interrompem os capilares, diminuindo a porosidade aberta (responsável pela absorção) devido a redução da conectividade dos poros.

Apesar dos benefícios, o uso de aditivo incorporador de ar deve ser criterioso, podendo ter consequências nas propriedades de resistência e na aderência. Alves (2002, p. 46) menciona que

A possível redução na resistência de aderência encontrada em argamassas com ar incorporado é atribuída à diminuição da superfície de contato entre a argamassa e o substrato, e pela redução de propriedades mecânicas devido ao incremento da porosidade na argamassa, após a incorporação de uma certa quantidade de ar.

Em sua pesquisa, o autor verificou redução de até 55% no valor da resistência de aderência com aumento do teor de ar na argamassa e constatou a necessidade de se ter um limite máximo para teor de ar incorporado nas argamassas de revestimento. Nesse estudo, apontou para um limite de 24 %, mas o autor alerta que a resistência à aderência não é influenciada apenas pelo teor de ar. Carasek (2010) menciona que o teor de ar limitado às devidas proporções permite “molhar” mais adequadamente o substrato, contribuindo para aderência.

Além do exposto acima, o excesso do teor de ar pode culminar na diminuição de resistências mecânicas e possivelmente da retração (BAUER, 2015).

É importante salientar que o teor de ar na mistura não é condicionado apenas ao teor de aditivo adicionado. Há outros fatores que influenciam na formação das bolhas de ar, tais como: tempo da mistura, teor de cimento e agregado, finura do cimento, relação água/cimento, temperatura e a presença de teor de finos (ALVES, 2002).

2.6.2.2 Aditivo estabilizador de hidratação - AEH

Conforme Macioski (2014) o aditivo estabilizador de hidratação - AEH é o principal aditivo integrante da argamassa estabilizada. Esse aditivo possui a finalidade de prolongar a plasticidade da argamassa por meio do controle da hidratação do cimento. Segundo Benini e Cincotto (2007, p. 3) o AEH “tem a função

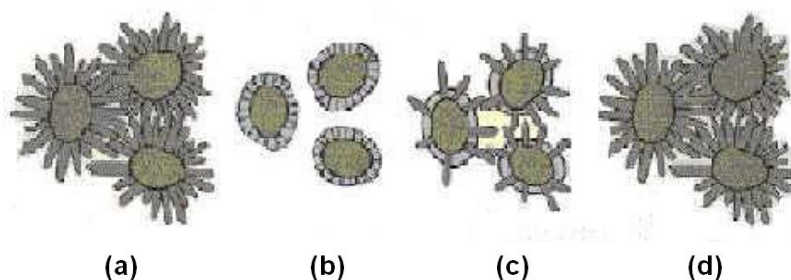
de controlar a taxa de hidratação do cimento, permitindo a estabilização da mistura no estado fresco, desde algumas horas ou até mesmo dias”.

Esse aditivo não é contemplado pela classificação de aditivos dada pela ABNT NBR 11768 (2011), sendo que essa norma se limita apenas em mencioná-lo como um “aditivo especial” do tipo “aditivos controladores de hidratação”, que deve cumprir requisitos gerais estabelecidos na norma, ficando a cargo do fabricante comprovar sua funcionalidade específica.

Como mencionado, o aditivo controla a taxa de hidratação do cimento. Sabe-se que a reação do cimento com a água condiciona as características de tempo de pega, endurecimento e resistência (MELBY, 1994 *apud* GUERREIRO, 2007) e que dessa reação (processo de hidratação) é formado o C-S-H (silicato de cálcio hidratado), seguido da liberação de íons de cálcio em solução, formando uma capa de gel C-S-H contornando as partículas de cimento. É a floculação desses produtos de hidratação no início de endurecimento da mistura que faz com que esta se torne rígida.

O AEH age inibindo a nucleação dos hidratos ricos em íons de cálcio na superfície do cimento, ou seja, do C-S-H (sulfato de cálcio) e CH (hidróxido de cálcio) (GUERREIRO, 2007). Em outras palavras, o grão de cimento é recoberto pelos componentes do AEH, bloqueando-o do contato com água, prorrogando as reações de hidratação. Conforme Guerreiro (2007, p. 62) “A hidratação do cimento é controlada pelo aditivo que atua no controle da hidratação de todas as fases”. O autor menciona que hidratação da mistura é retomada com o passar do tempo devido ao AEH se dissipar ou se consumir quimicamente. A Figura 4 ilustra o mecanismo de funcionamento do AEH.

Figura 4 - Representação do mecanismo de funcionamento do AEH



Fonte: Guerreiro (2007)

A ilustração da Figura 4 é dada por Poletto (2001, *apud* GUERREIRO, 2007). Para o autor, a Figura 4a representa o C_3S (silicato tricálcico), C_3A (aluminato tricálcico) e o gesso que se combinam com a água e geram o hidrato de aluminato de cálcio e cal, e que formarão a massa dura. Com o uso do AEH (Figura 4b), a velocidade de hidratação é controlada ao fixar os íons de cálcio na superfície do grão, formando uma barreira protetora evitando que o cimento alcance o início de pega. Com a dissipação ou consumo químico do AEH, começa a reação de hidratação (Figura 4c e 4d).

Souza (2007) menciona que não existem na literatura informações mais detalhadas referentes à interação do AEH e o cimento. Salvador (2011) também menciona a carência trabalhos a respeito desse aditivo na literatura, apesar de serem conhecidas suas vantagens.

Quanto às consequências do uso desse aditivo para a resistência em argamassa, Macioski (2013) menciona que não existem estudos que comprove influência na resistência da argamassa, como para o concreto. Esse autor destaca ainda, ao citar Neville (2011), que há uma tendência de aumentar a retração plástica da argamassa ao mantê-la no estado fresco por um tempo entendido. Já Guerreiro (2007) menciona aumento na trabalhabilidade, pois o AEH atua como dispersante.

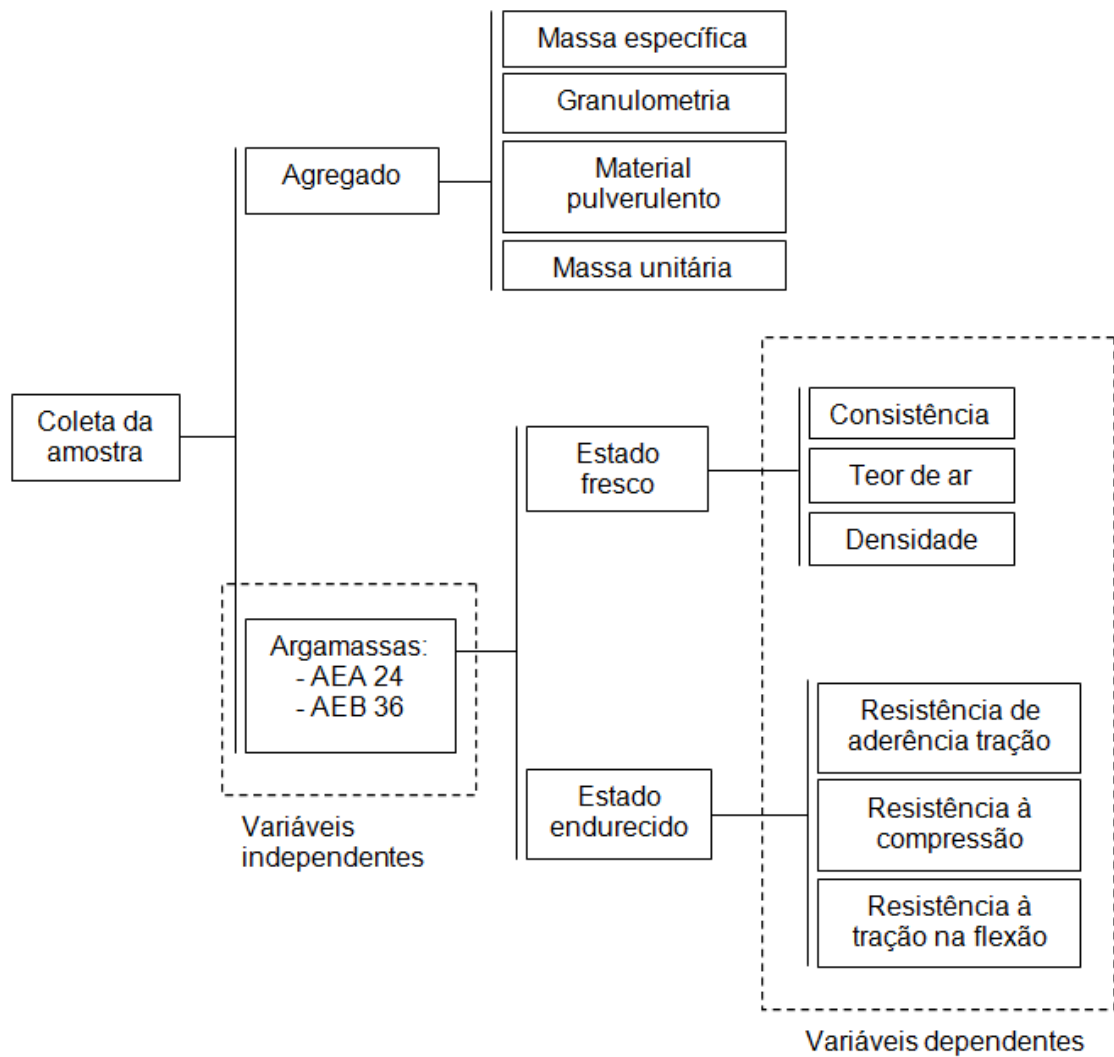
Atrela-se ao exposto acima a recomendação de Bauer (2015, p. 3) sobre uso de altos teores desse aditivo, pois podem acarretar em um atraso de pega imprevisível, assim como, pega instantânea em cimentos com pouca quantidade de sulfato solúveis por causa da uma ativação excessiva dos aluminatos.

Destaca-se que diferença entre um aditivo retardador de pega e um aditivo estabilizador de hidratação, é a forma de atuação de cada um. Enquanto um aditivo retardador convencional atua mais sobre as fases silicato, promovendo reduzida manutenção do abatimento e retardo da pega, o AEH possui a capacidade de baixar a concentração de sulfato de cálcio na solução e retardar todos os minerais do clínquer (SOUZA, 2007).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O fluxograma da Figura 5 ilustra o resumo das etapas do procedimento experimental realizado.

Figura 5 – Fluxograma resumo das etapas do procedimento experimental



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.1 Materiais ensaiados

3.1.1 Argamassa

Foram utilizadas duas argamassas estabilizadas, cada qual de um fornecedor. Além da disponibilidade de fornecimento para obtenção das argamassas, teve-se como critério de seleção do fornecedor a preferência por uma

empresa regional e uma empresa de porte nacional. As argamassas foram denominadas da seguinte forma:

- Argamassa Estabilizada 24 horas Empresa A – AEA 24
- Argamassa Estabilizada 36 horas Empresa B – AEB 36

Os tempos de estabilidade das argamassas estudadas nessa pesquisa foram em função da disponibilidade no mercado, priorizando-se pelas de maior tempo de estabilização.

As argamassas foram dosadas em centrais e foram misturadas e transportadas em caminhões betoneiras de capacidade 8 m³.

As amostras foram armazenadas em caixa de água de polietileno de 500 L, sendo ocupados 200 L do volume do recipiente. Durante o repouso da argamassa de um dia para o outro foi colocada sobre sua superfície, de aproximadamente 0,75m², uma película de água de 2 cm, conforme recomendação dos fornecedores. A argamassa AEA 24 foi recebida às 8 horas e se colocou a lâmina às 21 horas e a argamassa AEB 36 foi recebida às 17 horas e recebeu a lâmina às 18 horas do mesmo dia e às 18 horas do dia seguinte. O recipiente também foi coberto com uma lona para evitar a incidência de águas pluviais sobre a argamassa.

3.1.2 Caracterização da areia utilizada para a confecção da argamassa

A Tabela 1 apresenta os resultados dos ensaios realizados para caracterização de areias utilizadas nas argamassas. Todos os ensaios foram realizados no Laboratório de Construção Civil do IFTO – *Campus Palmas*.

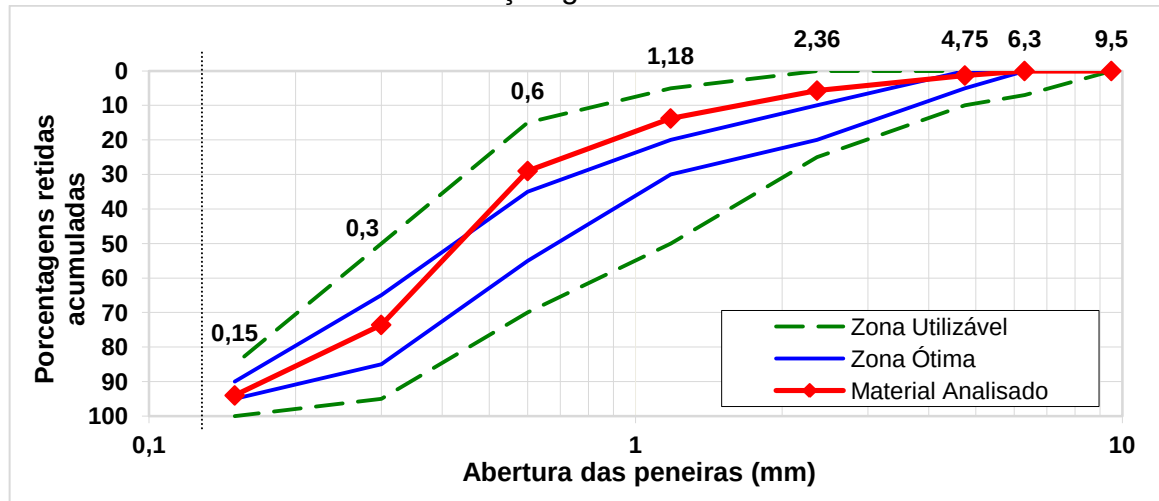
Tabela 1 – Caracterização da areia utilizada para confecção das argamassas analisadas

Característica	Resultados		Método de ensaio
	AEA 24	AEB 36	
Massa específica (g/cm ³)	2,62	2,63	ABNT NBR 9776 (1987)
Massa unitária (g/cm ³)	1,61	1,54	ABNT NBR NM 45 (2006)
Módulo de finura	3,17	1,58	ABNT NBR NM 248 (2003)
Dimensão máxima característica (mm)	4,75	1,18	ABNT NBR NM 248 (2003)
Material fino que passa pela peneira 0,075 (%)	1,34	1,52	ABNT NBR NM 46 (2003)

Fonte: Elaborada pelo autor

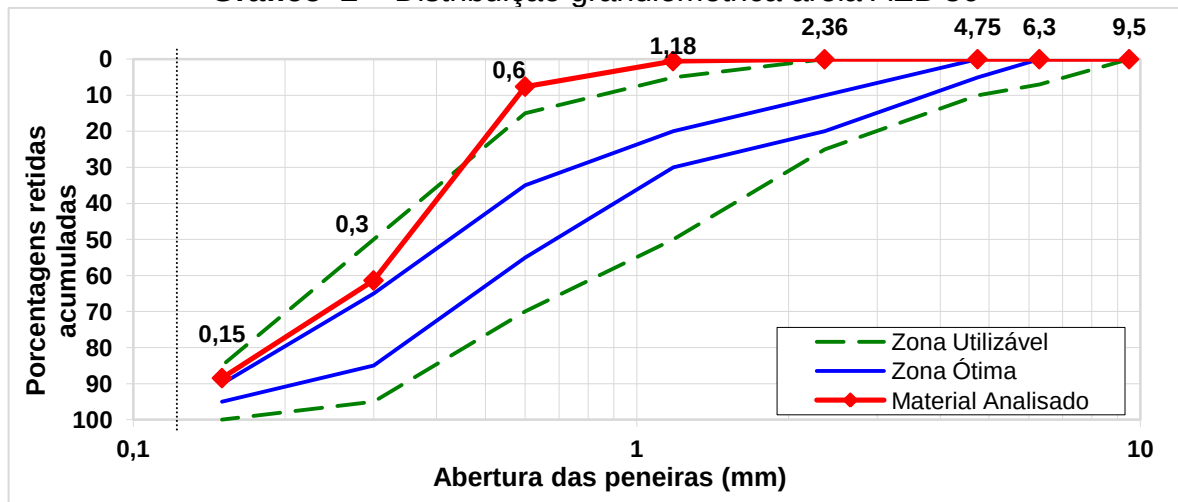
O Gráfico 1 e 2 ilustram as distribuições granulométricas das areias utilizadas para a confecção da AEA 24 e AEB 36 respectivamente. As composições granulométricas foram obtidas conforme a ABNT NBR MN 248 (2003) e o limites de utilização foram os estabelecidos na ABNT NBR 7211 (2005).

Gráfico 1 – Distribuição granulométrica areia AEA 24



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 2 – Distribuição granulométrica areia AEB 36



Fonte: Elaborado pelo autor.

Pela distribuição ilustrada no Gráfico 1, a areia utilizada na AEA 24 se encontra na zona utilizável. No Gráfico 2, observa-se que a areia de utilizada na AEB 36 se encontra próxima da zona utilizável, mas não se enquadraram nos limites determinados. Esses limites se referem ao uso da areia em concreto, sendo que em argamassas, recomenda-se que a curva fique apenas próxima dos limites (MATOS, 2013).

3.2 Métodos

Foram estabelecidos intervalos de amostragem de 12 em 12 horas, tanto para AEA 24 quanto para a AEB 36, de maneira que houvesse ensaio na primeira hora depois de produzida, ensaios em horários intermediários e ensaio na última hora de validade da argamassa.

Os ensaios foram compreendidos em duas etapas: uma no estado fresco outra no estado endurecido. Os ensaios realizados estão no fluxograma ilustrado na Figura 5 e foram realizados nos Laboratórios de Construção Civil do IFTO – *Campus* Palmas e em painéis de alvenaria no pátio do IFTO - *Campus* Palmas.

Também fez parte da pesquisa a visita em três canteiros de obras para verificar as condições de armazenamento e obtenção percepção dos usuários, bem como em três usinas que fornecem argamassas em Palmas - TO. As perguntas feitas na entrevista constam no Apêndice A.

3.2.1 Ensaio realizados no estado fresco

3.2.1.1 Densidade da massa

O ensaio de densidade da massa é preconizado na ABNT NBR 13278 (2005), que determina as características do recipiente a ser utilizado bem como as demais aparelhagens necessárias.

Inicialmente, calibrou-se o recipiente, para certificar-se que tenha o volume requerido para o ensaio, da seguinte forma: pesou-se o recipiente com uma placa de vidro e se registrou a sua massa (m_v). Em seguida o recipiente foi preenchido com água destilada e o seu volume foi registrado (V_r). A água foi rasada com a placa de vidro e se pesou o recipiente com água e placa de vidro, registrando-se sua massa (m_a). O volume é dado por:

$$V_r = m_a - m_v$$

Calibrado o recipiente, a argamassa foi introduzida de forma suave com uma colher, de maneira que se tivessem três camadas. A cada camada foram

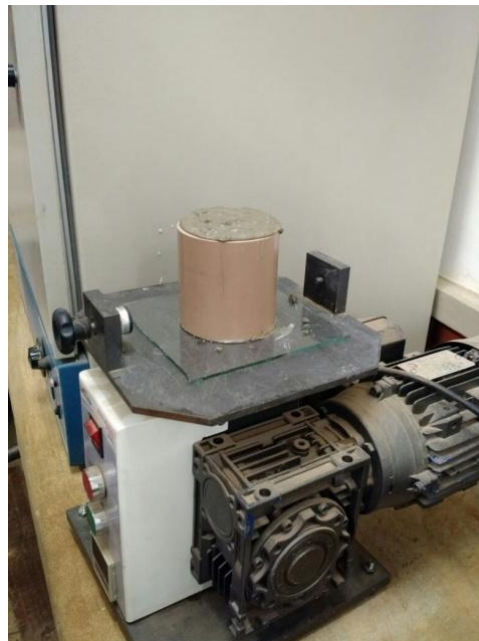
aplicados 20 golpes com uma espátula (Figura 6) e em seguida o recipiente foi submetido à 3 quedas de 3 cm na mesa adensadora (Figura 7).

Figura 6 – Aplicação de golpes para adensamento



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 7 – Adensamento da argamassa na mesa



Fonte: elaborada pelo autor (2016)

Por fim, rasou-se a superfície em movimentos de vai e vem, em duas passadas ortogonais (Figura 8) e em seguida foi mensurada a sua massa.

Figura 8 – Rasamento da superfície da argamassa



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.2.1.2 Ensaio de consistência

Determinado pela ABNT NBR 13276 (2005), o ensaio de para determinação do índice de consistência é realizado na mesa para índice de consistência.

Sobre a mesa foi colocado de forma centralizado o molde tronco-cônico e se introduziu a argamassa, de modo que houvesse três camadas e para cada uma delas foram aplicados sucessivamente com um soquete metálico 15, 10 e 5 golpes (Figura 9). Rasou-se a superfície com uma régua metálica e se retirou o tronco-cônico. Imediatamente, acionou-se a manivela da mesa e se aplicou um golpe por segundo, totalizando 30 golpes. Após o último golpe, mediu-se com paquímetro (Figura 10) o espalhamento em três pontos diferentes, sendo a média desses diâmetros o índice de consistência.

Figura 9 – Adensamento da argamassa por meio da aplicação de golpes



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 10 – Medição do diâmetro do espalhamento da argamassa



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.2.1.3 Teor de ar incorporado

Para determinação do teor de ar presente na argamassa foi utilizado o método pressométrico, de acordo com as prescrições da ABNT NM 47 (2002). A aparelhagem necessária para realizar o ensaio constante na norma é: haste de

adensamento, régua, martelo de borracha e o aparelho Medidor de ar, que no presente ensaio foi utilizado o Tipo B de acordo com a referida norma.

Após posicionar o Medidor de ar sobre a bancada, encheu-se o mesmo com a argamassa em camadas de 10 cm. Para todas as camadas, adensou-se com a haste aplicando 14 golpes verticais distribuídos e após isso, aplicou-se 10 a 15 golpes com o martelo de borracha nas paredes externas. Após rasar o recipiente, fechou-se com a sua tampa hermética e se introduziu água com uma seringa, através de uma das chaves presente na tampa, até que saísse água na chave oposta e então, agitou-se levemente o conjunto para que todo ar que estivesse na superfície da amostra fosse expulso. Em seguida, fechou-se a válvula de sangramento de ar e se bombeou ar para a câmara até que o manômetro atingisse a posição inicial. Aguardou-se um tempo para que o manômetro se estabilizasse e em seguida fechou-se as chaves, abriu-se a válvula de ar principal e se fez a leitura do teor de ar. A Figura 11 ilustra o equipamento sendo operado.

Figura 11 – Equipamento de leitura de teor de ar sendo operado.



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.2.2 Ensaios realizados no estado endurecido

3.2.2.1 Resistência de aderência à tração

Ensaio realizado para avaliar a capacidade de aderência do revestimento sobre o substrato e é determinado pela ABNT NBR 13528 (2010).

Os painéis utilizados foram confeccionados em alvenaria de blocos cerâmicos e sobre esses foi executado o chapisco (traço 1:3 de cimento e areia grossa), por meio da projeção energética de argamassa de chapisco com colher de pedreiro. Optou-se por esse tipo de chapisco, pois foi notado que é tradicionalmente utilizado em obras de Palmas – TO. Aguardou-se dois dias para aplicação do revestimento, conforme recomendação da ABNT NBR 7200 (1998). Antes de lançar a argamassa no substrato, promove-se a limpeza deste com escova de aço e jato de água para remoção de sujeiras, poeira ou solo aderido. Todo o procedimento de revestimento foi realizado por um pedreiro.

Cabe mencionar que quanto aos aspectos climáticos, nos dias da confecção do revestimento, tanto do AEA 24 quanto da AEB 36, estava chuvoso, com intervalos nublados com pouca incidência solar.

Os corpos de prova foram feitos com auxílio de uma furadeira com uma serra copo da marca Braskoki acoplada, com diâmetro interno de 50 mm. A Figura 12 ilustra esse procedimento. Para cada m² foram realizados 12 furos de forma aleatória de forma que juntas e blocos fossem contemplados. A Figura 13 ilustra os furos para obtenção dos corpos de prova e a marcação feita das posições das juntas de assentamento dos blocos.

Figura 12 – Procedimento de corte para obtenção de corpos de prova



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 13 – Painel com os cortes já realizados e com marcação das juntas



Fonte: Elaborada pelo autor.

As pastilhas metálicas e circulares de 50 mm foram fixadas aos corpos de prova através de adesivo à base de resina epóxi. A Figura 14 ilustra as pastilhas já coladas em dois painéis.

Figura 14 – Pastilhas fixadas nos corpos de prova



Fonte: Elaborada pelo autor.

O ensaio de foi realizado aos 28 dias com os corpos de prova secos. Foram extraídos 3 amostras do revestimento de cada painel, por meio da serra copo para determinação da umidade. Essas amostras tiveram suas massas aferidas, e

foram levadas à estufa (105 °C) e após atingirem massas constantes foram retiradas da estufa e após resfriarem, aferiu-se novamente a massa de cada e foi calculado o teor de umidade médio para cada painel.

Para promover o ensaio do corpo de prova o equipamento utilizado foi o dinamômetro de tração elétrico da marca Solotest. Por meio de um encaixe, o equipamento exerce tração (250 ± 50) N/s na pastilha, até a ruptura, finalizando o ensaio. A Figura 15 ilustra o equipamento sendo utilizado.

Figura 15 – Ensaio de corpo de prova com dinamômetro de tração



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.2.2.2 Resistência à tração na flexão

O método para realização desse ensaio é estabelecido pela ABNT NBR 13279 (2005), e para sua realização foi necessário a confecção de 3 corpos de prova de dimensões 4 cm x 4 cm x 16 cm.

Sobre a mesa de adensamento, fixou-se o molde dos corpos de prova e foi aplicado neste uma fina camada de desmoldante. Após isso, introduziu-se a argamassa em três camadas aproximadamente iguais e para cada uma delas, aplicou-se 30 quedas na mesa de adensamento. Cada camada foi regularizada por meio de uma régua niveladora e na última camada foi promovido o rasamento com

régua metálica. A Figura 16 ilustra o molde sobre a mesa adensadora e a introdução da argamassa.

Figura 16 – Argamassa sendo introduzida no molde



Fonte: Elaborada pelo autor.

O procedimento de rompimento ocorreu aos 28 dias e consistiu em posicionar os corpos de prova no dispositivo de apoio acoplado à máquina universal de ensaios, com a face rasada voltada para o operador, e aplicação de carga (500 ± 50) N/s até a ruptura. Esse procedimento é ilustrado na Figura 17.

A resistência à tração na flexão é calculada pela seguinte expressão:

$$R_f = \frac{1,5 \cdot F_f \cdot L}{40^3}$$

Em que:

- R_f é a resistência à tração na flexão;
- F_L é a carga aplicada verticalmente no centro do prisma e
- L é a distância entre os suportes do equipamento de apoio.

Figura 17 – Ensaio de resistência à flexão

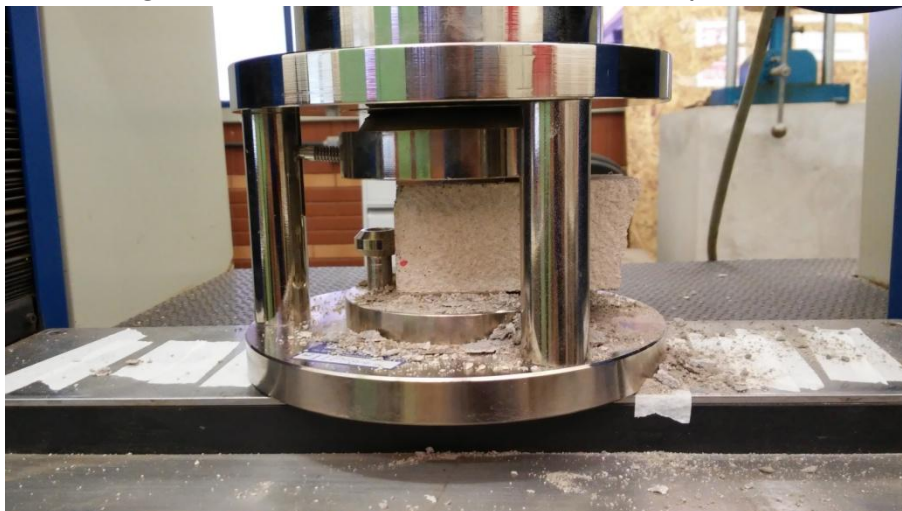


Fonte: Elaborada pelo autor.

3.2.2.3 Resistência à compressão

O procedimento desse ensaio é dado pela ABNT NBR 13279 (2005), e consistiu em utilizar as metades dos corpos de prova do ensaio de flexão, posicionando-as no dispositivo de apoio acoplado à máquina universal de ensaios, ficando a face rasada do corpo de prova voltada para o operador. Por fim, aplicou-se carga de (500 ± 50) N/s até a ruptura. O referido ensaio é ilustrado na Figura 18.

Figura 18 – Ensaio de resistência à compressão



Fonte: Elaborada pelo autor.

A resistência à compressão axial é calculada pela seguinte expressão:

$$R_c = \frac{F_c}{1600}$$

Em que:

- R_c é a resistência à compressão;
- F_c é a carga máxima aplicada e
- 1600 é a área considerada quadrada do dispositivo de carga.

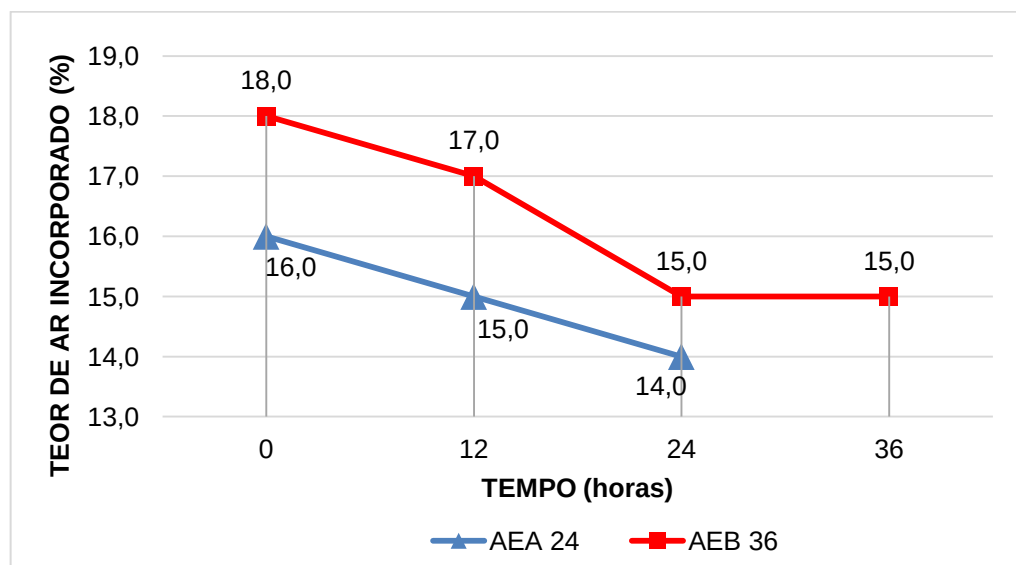
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Propriedades no estado fresco

4.1.1 Teor de ar incorporado

O Gráfico 3 apresenta os teores de ar incorporado das amostras para os tempos de amostragem analisados.

Gráfico 3 – Teor de ar incorporado



Fonte: Elaborado pelo autor.

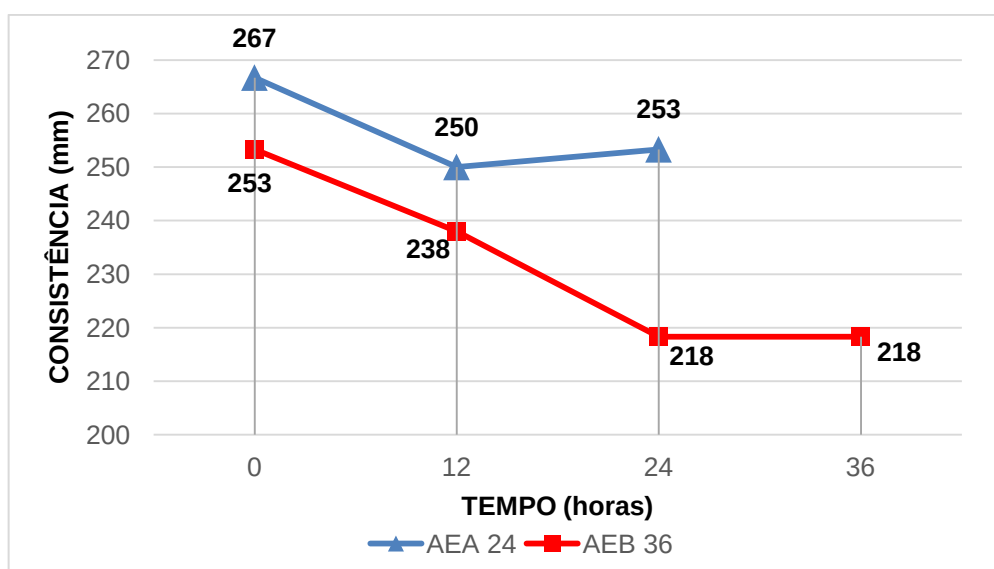
Percebe-se que houve uma diminuição do teor de ar incorporado entre o tempo inicial e final de amostragem de 12,50% para AEA 24 e 16,70% para AEB 36.

Referente à argamassa AEB 36, notou-se que entre os dois primeiros intervalos de amostragem a perda de ar incorporado foi menos acentuada e que nos dois últimos tempos de amostragem, o teor de ar permaneceu estável. Isso pode ter relação com a película de água colocada justamente entre os intervalos mencionados.

4.1.2 Índice de consistência

Os resultados obtidos para o índice de consistência são apresentados no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Índice de consistência

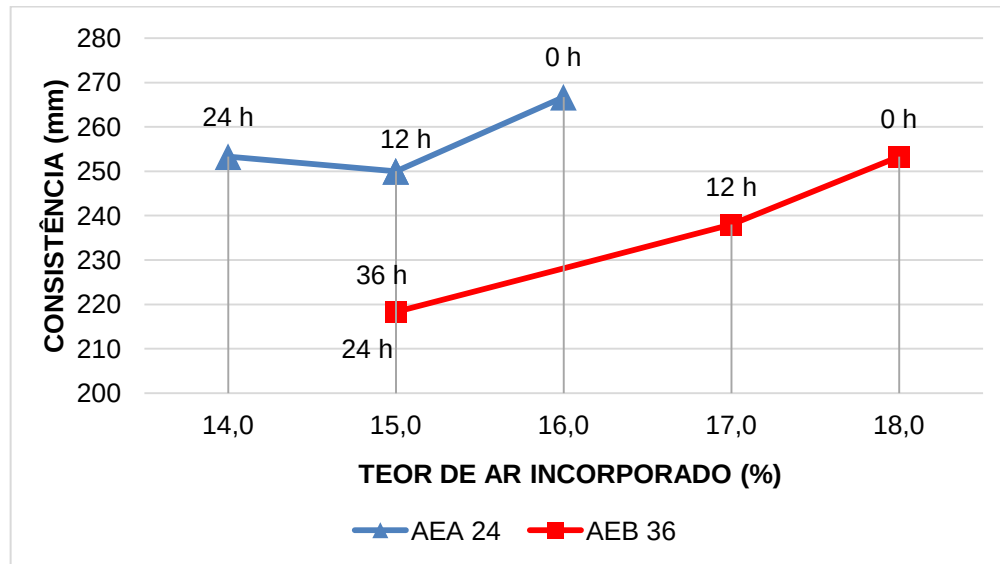


Fonte: Elaborado pelo autor.

Entre os intervalos de amostragem houve, de maneira geral, um decréscimo do índice de consistência das amostras entre o tempo inicial e final do tempo de estabilidade de 5,24% para a AEA 24 e de 13,83% para AEB 36. Analisando os intervalos de amostragem para a AEA 24 houve um aumento na consistência para o tempo 24 horas, que pode ser resultado da película de água colocada durante o repouso da argamassa e para a AEB 36 a manutenção da consistência para os dois últimos tempos (24 e 36 horas), possivelmente relacionada à manutenção do teor de ar incorporado. A perda de consistência da argamassa pode ter sido influenciada pela perda de água da mistura e/ou pela perda de teor de ar na mistura. No Gráfico 5 observa-se a relação entre as propriedades teor de ar e consistência sendo evidenciado que a consistência aumenta com teor de ar, como é

de se esperar.

Gráfico 5 – Consistência x teor de ar incorporado



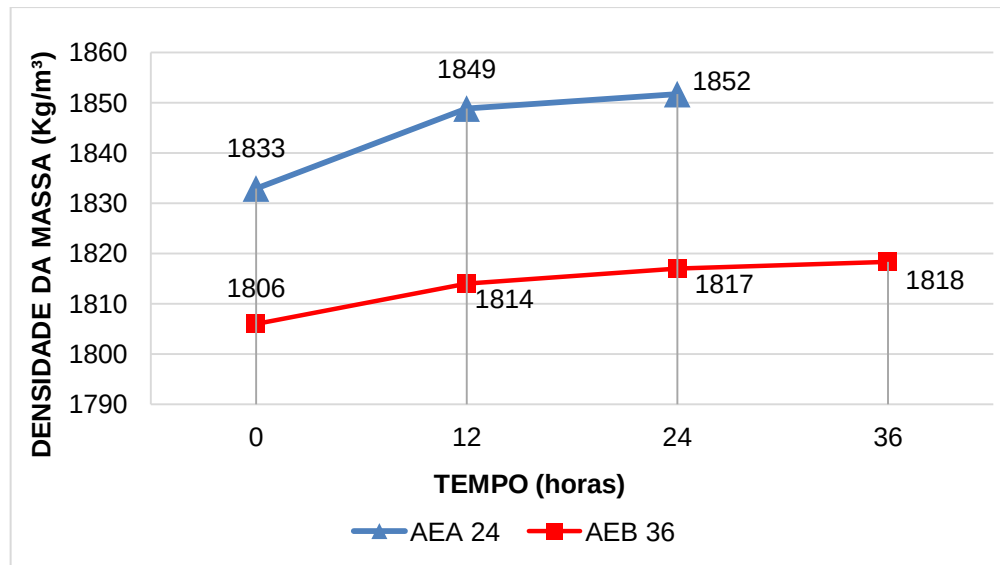
Fonte: Elaborado pelo autor.

A consistência é uma propriedade que subsidia a avaliação da trabalhabilidade. Quanto a esta propriedade, não houve alteração significativa para a AEA 24, já que durante os ensaios foi possível utilizar a argamassa normalmente com o decorrer do tempo. Já para a amostra AEB 36, durante sua utilização para revestimento dos painéis para ensaio de resistência à tração, percebeu-se uma maior “rigidez” da argamassa se comparada ao estado inicial, mas que não comprometeu a sua utilização.

Faz-se necessário mencionar que não há valores parâmetros estabelecido em normas para a consistência, servindo então apenas como um indicativo. Prudêncio Jr., Oliveira e Bedin (2003) citados por Matos (2013), mencionam uma faixa frequentemente encontrada para argamassas usuais variam de 230 mm a 280 mm.

4.1.3 Densidade da massa

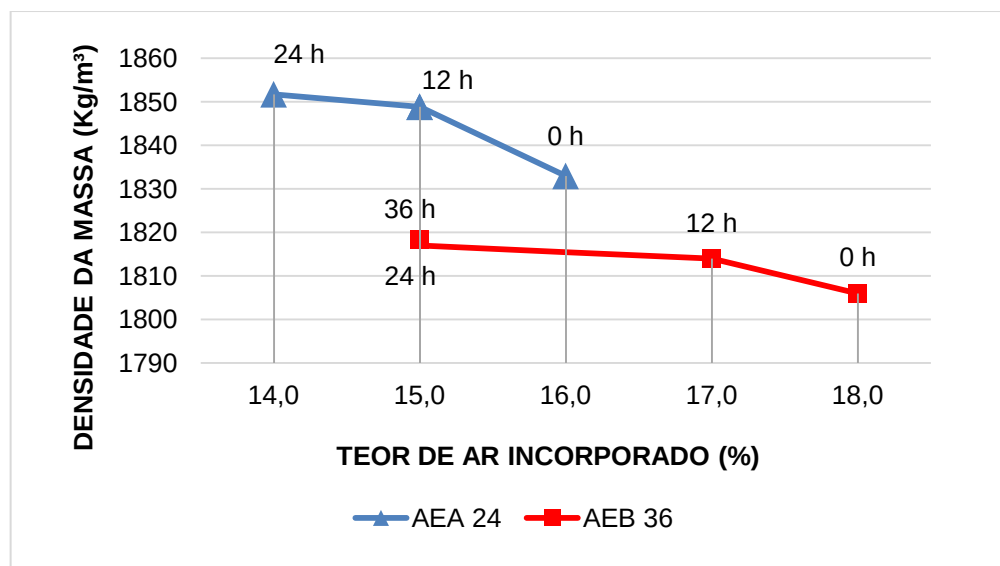
No Gráfico 6 são apresentados os valores obtidos para densidade da massa.

Gráfico 6 – Densidade da massa

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota-se pelos resultados obtidos que houve certa tendência de aumento da densidade da massa para as amostras, sendo que para AEA 24 foi de 1,04% e para AEB 36 foi de 0,66%.

O aumento da densidade pode ser relacionado pela perda de teor de ar. O Gráfico 7 ilustra a tentativa de correlacionar essas duas propriedades.

Gráfico 7 – Densidade da massa x teor de ar incorporado

Fonte: Elaborado pelo autor.

A relação inversa entre as duas propriedades foi verificada como era de se esperar. Tendo isso em vista, é compreensível o aumento da densidade com decorrer do tempo se deu em virtude da perda de ar incorporado.

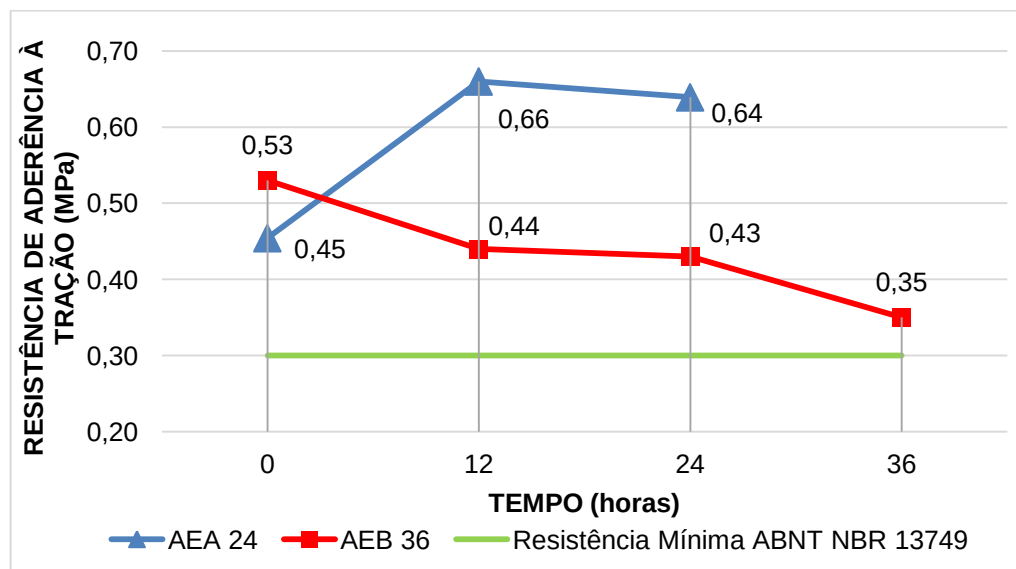
4.2 Propriedades no estado endurecido

4.2.1 Resistência de aderência à tração

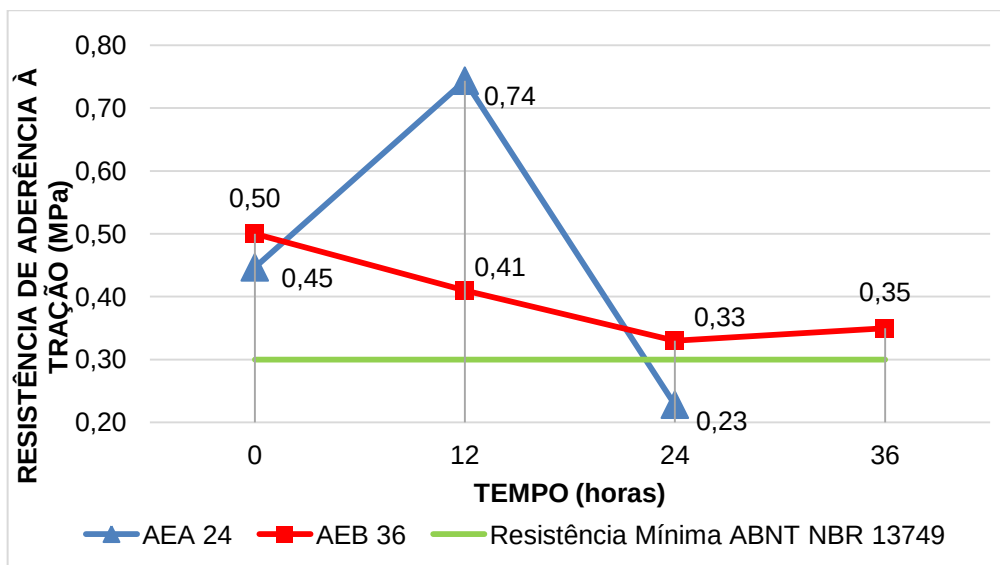
Os Gráficos 8 e 9 ilustram o valores obtidos para cada amostra, considerando a média e mediana das resistências alcançadas pelos 12 corpos de prova de cada um dos intervalos definidos.

Apresenta-se nessa pesquisa além da média aritmética, a mediana como valor representativo da amostra, pois os ensaios de resistência à aderência apresentam variabilidade inerente devido a diversos fatores intervenientes. Conforme Gonçalves (2004) a média aritmética não se constitui como parâmetro condizente, sugerindo então a adoção da mediana, pois esse parâmetro não é afetado por variações nos extremos valores observados, por ser uma medida de tendência central.

Gráfico 8 – Resistência de aderência à tração (considerando média)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 9 – Resistência de aderência à tração (considerando a mediana)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Pelos gráficos, nota-se que ao comparar o tempo inicial e o tempo final de amostragem, houve variabilidade dos resultados obtidos para as amostras. Para a amostra AEA 24, houve um acréscimo de resistência se comparados o tempo inicial e o final, caso seja considerada a média. Os resultados do tempo 0 atingira valores inferiores aos tempos seguintes e isso pode ter sido influenciado pela umidade do substrato, pois no momento da realização do revestimento foi percebida certa dificuldade de adesão inicial, possivelmente provocada pela umidade de ascensão capilar, já que o painel recebeu a devida proteção contra incidência de chuva por meio de cobertura com lona. Caso não houvesse tal interferência, esperava-se que ocorresse manutenção ou decréscimo da resistência de aderência à tração com o decorrer do tempo, como constatado do intervalo 12 horas para o intervalo 24 horas.

Para essa mesma amostra considerando como valor representativo a mediana, houve uma redução de aproximadamente 49%, tendo como parâmetro a resistência do tempo 0 e para o tempo 24 horas houve resistência abaixo dos 0,3 MPa determinado na ABNT NBR 13749 (2013). Nessa consideração, também mostrou-se como maior valor o correspondente ao tempo intermediário.

Para a amostra AEB 36, analisando a média aritmética, houve um decréscimo do valor com o decorrer do tempo. Se for considerado o tempo inicial e final de validade da argamassa, houve uma variação de 33,96%. Já ao analisar como valor representativo para essa amostra a mediana, houve um decréscimo de

30% entre o intervalo de amostragem inicial e final. No intervalo intermediário correspondente ao tempo 24 horas houve o menor valor obtido para a amostra considerando a mediana e talvez esteja relacionado com o teor de umidade presente nesse painel no dia do ensaio, pois esse apresentou o maior teor de umidade entre todos os painéis de intervalo de amostragem para AEB 36. Se forem considerados os valores representativos da amostra – média e mediana – para essa amostra, estes ficaram acima dos 0,3 MPa requerido pela norma ABNT NBR 13749 (2013).

Apesar de valores representativos acima de 0,3 MPa, a ANBT NBR 13749 (2013) exige que no mínimo 8 valores de resistência de aderência à tração fiquem acima de 0,3 MPa para um grupo de 12 corpos de prova, portanto os painéis correspondente ao intervalo 24 horas da AEA 24 não seriam aceitos bem como o painel correspondente ao intervalo 24 horas à AEB 36 (ver Apêndice C).

Outro ponto a ser destacado foi à alta variabilidade dos resultados obtidos, traduzida pelos coeficientes de variação da amostra, que variaram de 38,39% a 96,68% para AEA 24 e 46,13% a 83,74% para AEB 36. Conforme Carasek (2012) é comum em ensaio de resistência de aderência à tração alta dispersão entre os resultados, sendo normal o intervalo de 10 % à 35 % para o coeficiente de variação, podendo superar esses valores e chegar em intervalos de 50% a 60% .

A autora supracitada ainda destaca que essa variabilidade é devida a influência de fatores distintos que possuem altas variações tais como a heterogeneidade de sucção do substrato, condições climáticas, energia de aplicação, a perícia quando na operação do corte, que pode sujeitar o corpo de prova a tensões por torção. Nesse sentido, Gonçalves (2004) menciona ainda a influência do teor de finos da areia que diminui a capacidade de sucção do substrato e consequentemente a resistência de aderência. Este autor cita ainda que a ergonomia do colaborador faz influência na resistência de aderência à tração, sendo para este último (ergonomia), em sua pesquisa, obteve melhores resultados para os corpos de prova localizados entre 1 m a 1,5 m de altura.

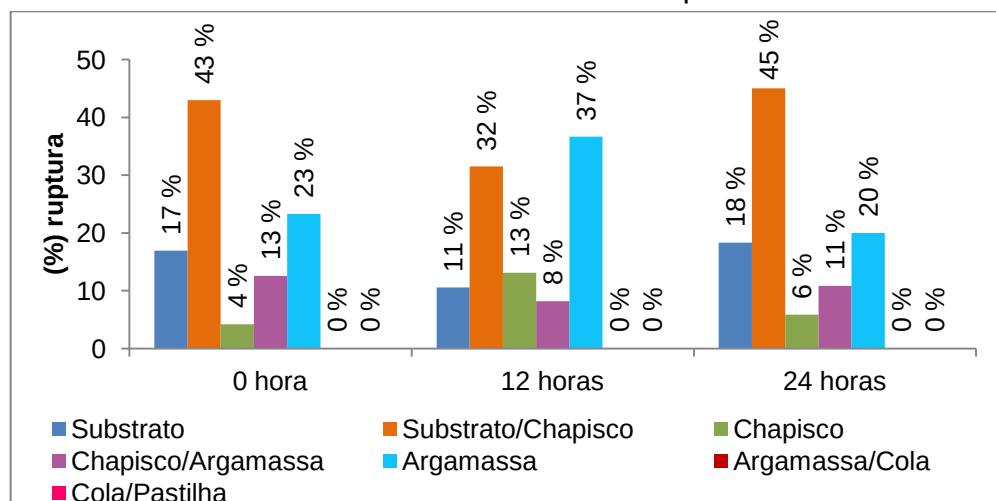
Ressalta-se que referente a condições climáticas, tanto durante o período em que os painéis foram revestidos como o de realização dos ensaios de arrancamento, se encontrava na estação chuvosa, que apesar de cobertos, os painéis apresentaram altas umidade, possivelmente com distribuição heterogênea no painel. Pode ter tido também uma incidência de umidade indireta oriunda do solo,

como já apontado para o resultado do intervalo 0 da AEA 24.

Quanto à ergonomia do colaborador para o lançamento da argamassa, descarta-se essa hipótese como a única determinante para a variabilidade dos resultados para cada um dos painéis, uma vez que se obtiveram valores de resistências altos fora da faixa de 1m à 1,5m.

Além da análise dos valores representativos da amostra, foi realizado exame das formas de ruptura, conforme a determinação da ABNT NBR 13528 (2013). Esse procedimento permite identificar as possíveis falhas e deficiência nas camadas do sistema de revestimento. Para a amostra AEA 24, o Gráfico 10 apresenta as formas de rupturas ocorridas.

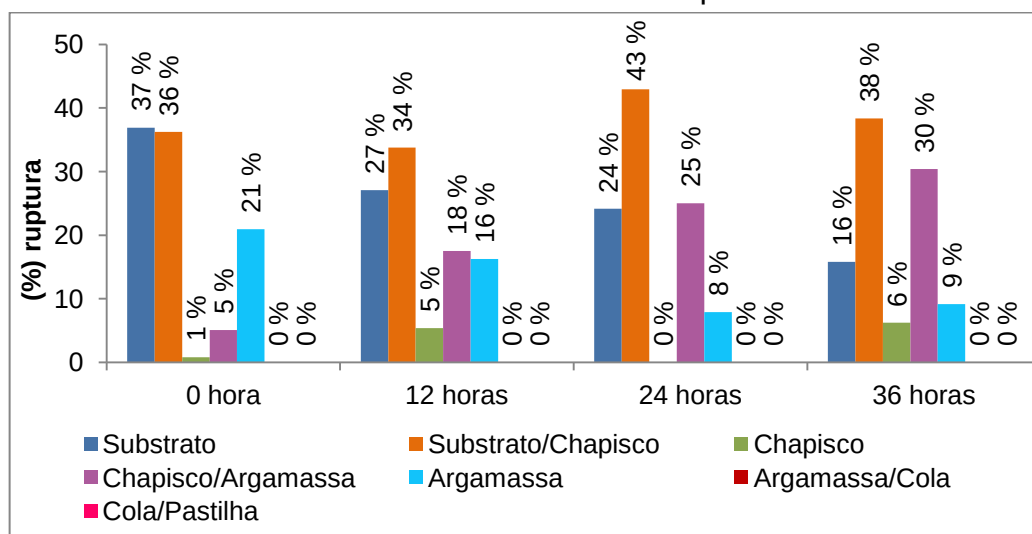
Gráfico 10 – Análise das formas de rupturas AEA 24



Fonte: Elaborado pelo autor.

Pelo Gráfico 10, nota-se que a forma predominante de ruptura no revestimento correspondente ao tempo 0 hora e 24 horas foi interface substrato/chapisco, dando indício que a deficiência se encontra na capacidade de aderência do chapisco no substrato. Pode-se haver certa relação dessa forma de ruptura com os valores representativos obtidos para esses intervalos de tempo, já que foram os menores para essa amostra. Já para o intervalo de amostragem correspondente ao tempo 12 horas a ruptura predominante se deu na argamassa. Pode-se observar também que a ruptura entre o chapisco e argamassa, que de fato avaliaria a resistência de aderência da argamassa foi pouco significativa.

No Gráfico 11 são ilustradas as formas de ruptura para os revestimentos confeccionados com a amostra AEB 36.

Gráfico 11 – Análise das formas de rupturas AEB 36

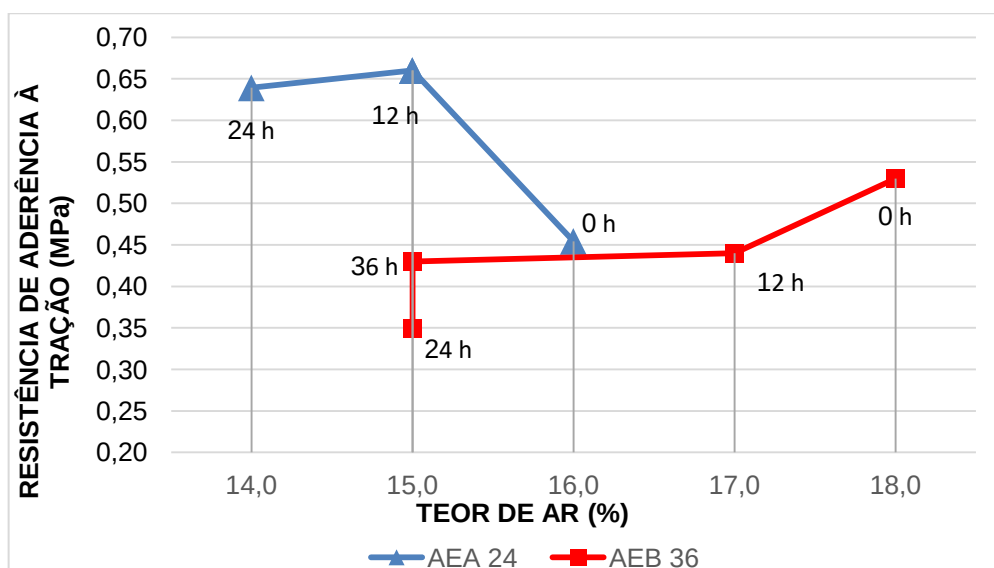
Fonte: Elaborado pelo autor.

No intervalo 0 hora da amostra AEB 36, a ruptura predominante foi no substrato, enquanto para os demais intervalos predominou ruptura na interface substrato/chapisco. Pode haver relação entre essa forma de ruptura e valores representativos de resistência nesses intervalos, que foram menores que o do intervalo 0 hora.

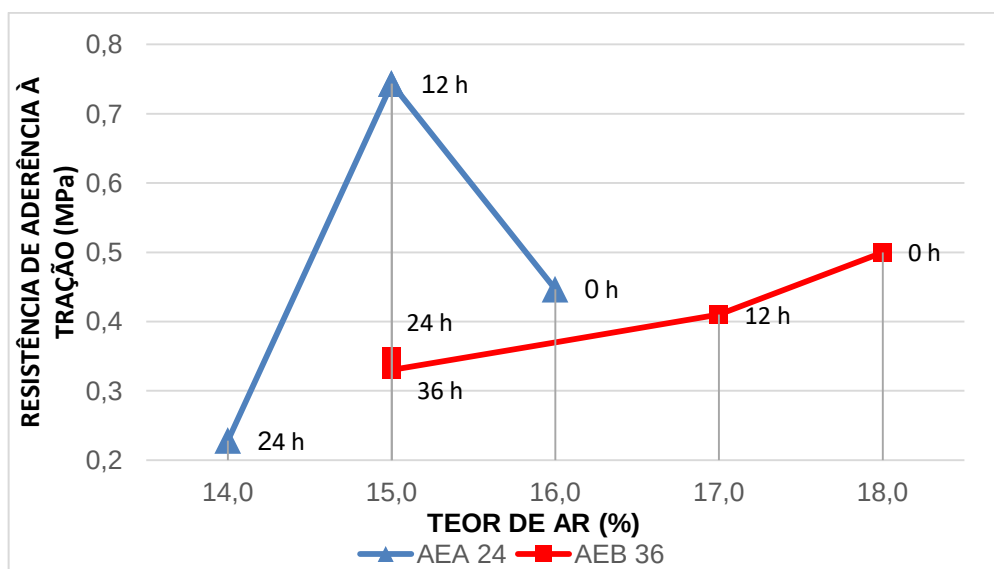
Para essa amostra, percebe-se que a ruptura entre o chapisco e o substrato teve maior significância, podendo ser notado ainda que com decorrer do tempo, a capacidade de aderência da argamassa no chapisco diminuiu, já que houve uma progressão dessa forma de ruptura.

Conforme a ABNT NBR 13528 (2010), quando há ruptura no substrato, no chapisco e na argamassa, a resistência de aderência à tração não é determinada e é maior que o valor obtido no ensaio.

Por fim, apresentam-se os Gráficos 12 e 13 que ilustram a tentativa de correlação entre a resistência de aderência à tração e o teor de ar incorporado, considerando a média e mediana respectivamente.

Gráfico 12 – Resistência de aderência x teor de ar – média

Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 13 – Resistência de aderência x teor de ar - mediana

Fonte: Elaborado pelo autor.

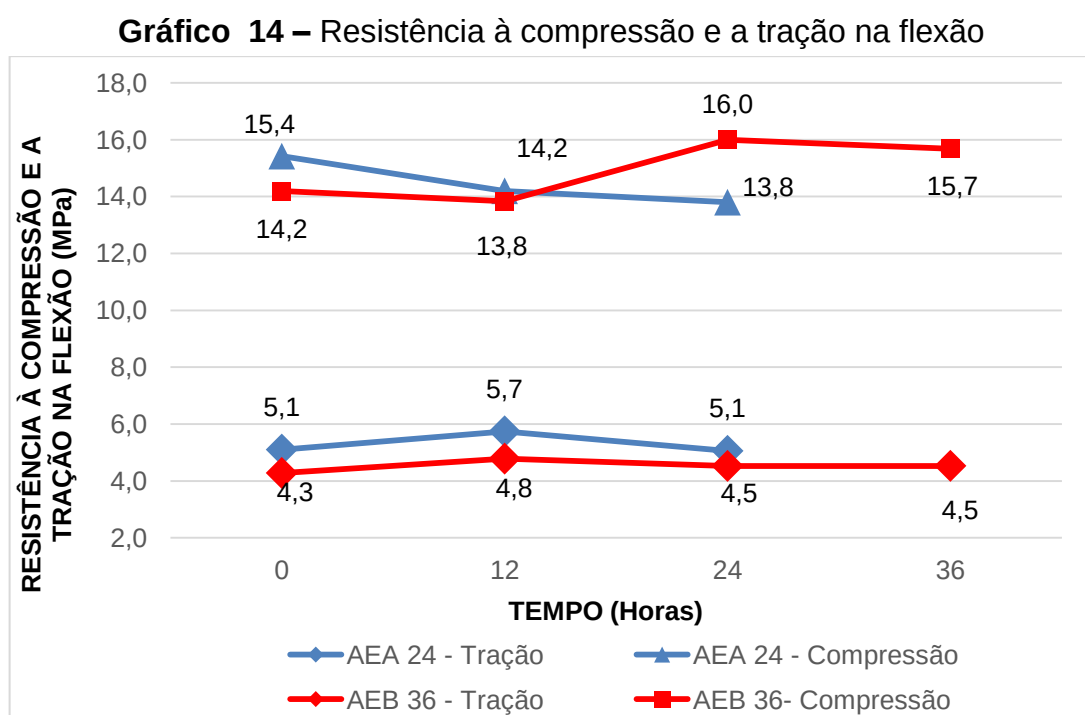
Pelos Gráficos 12 e 13, nota-se que não houve uma correspondência bem definida entre as referidas propriedades. Nota-se que para AEB 36, houve um comportamento predominante no sentido de aumentar a resistência de aderência com aumento do teor de ar. Para a AEA 24 nas duas considerações (média e mediana) apenas o dado que referente ao intervalo 0 hora, tem comportamento adverso e a possível motivação disso já foi discutido.

Conforme Moura (2007) a relação entre essas propriedades não é consenso, uma vez que a resistência de aderência à tração é influenciada por

diversos fatores, como já discutido aqui. Oppermann e Rudert (1983 *apud* Alves, 2002), também mencionam que não é possível estabelecer diretamente relação entre essas propriedades.

4.2.2 Resistência à compressão e à tração na flexão

Os resultados de ensaio de resistência à compressão e a tração na flexão são apresentados no Gráfico 14.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que as amostras não apresentaram uma tendência de comportamento com o decorrer do tempo. Esperava-se que a perda de teor de ar incorporado, que ocorreu com o decorrer do tempo, acarretasse o aumento da resistência à compressão.

Para AEB 36, se considerado o tempo inicial (0 hora) e o tempo final (36 horas), houve um aumento da resistência à compressão. A adversidade no comportamento entre os tempos 0 hora e 12 horas e tempos 24 horas e 36 horas, pode ser associado à película de água colocada sobre a argamassa entre esses dois intervalos. A incorporação da água da película à argamassa pode culminar no aumento da relação água/cimento. Já acréscimo de resistência à compressão entre

os tempos 12 horas e 24 horas, pode ser resultado da perda de ar incorporado, que justamente entre esses dois tempos foram as mais acentuadas para essa amostra.

Para a AEA 24, ao contrário da AEB 36, houve uma queda de resistência à compressão entre todos os intervalos. Se considerarmos apenas a influência do teor de ar incorporado, o comportamento deveria ser o contrário. Porém, pode haver outras variáveis que influenciaram no decréscimo da resistência à compressão para essa amostra, já que não se verificou acréscimo de resistência à compressão entre os intervalos que não foi colocado película (entre o intervalo 0 hora e 12 horas). Nos estudos de Calçada et al. (2013), por exemplo, ocorreu o mesmo comportamento. Mesmo com a queda do teor de ar incorporado, e, sem o uso de película de água, a resistência à compressão diminuiu com o decorrer do tempo.

Outro exemplo desse comportamento é observado na pesquisa de Casali et al. (2011), em que 2 das 5 amostras apresentaram decréscimo da resistência à compressão. Pode haver relação desse comportamento com efeito do uso concomitante do aditivo estabilizador de hidratação com o aditivo incorporador de ar. Keller e Lovato (2016), ao estudar misturas de argamassa feitas apenas com uso de aditivo estabilizador, notou um aumento da resistência à compressão para o traço estudado. Porém, ao adicionar aditivo incorporador de ar em diversos teores, a autora não notou padrão definido de comportamento da resistência à compressão com decorrer do tempo. Por outro lado, Pivetta (2016), ao verificar a influência do aditivo estabilizador, apontou o decréscimo nas resistências à compressão entre os intervalos de amostragem, para os traços estudados. Diante do exposto, é compreensível um comportamento não definido da resistência à compressão em estudos de argamassas estabilizadas.

Outro ponto a ser destacado é que resistências à compressão obtidas foram altas, se comparadas aos outros trabalhos desenvolvidos sobre o assunto como Bauer (2015), Trevisol Junior, (2015), Macioski (2013) e Mann Neto, Andrade e Soto (2010), que obtiveram valores abaixo de 11 MPa. Porém, Aguilar et al. (2004 *apud* POLITO, 2008), sugerem para argamassas de cimento e areia ter boa qualidade, devem ter resistência à compressão acima de 10 MPa.

Referente à resistência à tração na flexão, não foram observadas grandes variações nos períodos considerados.

4.3 Resumo e discussão da entrevista em canteiros e fornecedores

Foram visitados três canteiros de obras de empreendimentos verticais destinados à habitação multifamiliar de médio/alto padrão. Esses empreendimentos possuíam de 16 a 36 pavimentos.

Em todos os canteiros de obras visitados, o tempo de estabilidade mais requerido foi 36 horas para o canteiro 1 e 24 horas para os canteiros 2 e 3. Todos os responsáveis relataram que tomaram conhecimento do produto por meio da oferta pelos fornecedores e vem sendo utilizado há dois anos pela empresa do canteiro 1 e canteiro 2, e há 3 anos pela empresa do canteiro 3. O principal motivo do uso da argamassa estabilizada apontado foi a logística e a otimização de tempo.

Nos canteiros 1 e 2 a argamassa era utilizada para revestimento externo, interno e assentamento de blocos. O motivo para o canteiro 3 não utilizar em revestimento interno, não foi relacionado a argamassa estabilizada em si, mas por causa adoção de outro tipo de revestimento mais produtivo.

Quanto à forma de armazenamento, o responsável do canteiro 1 relatou que foi orientado pelo fornecedor a construção de uma baia coberta para armazenar a argamassa (Figura 19). Já no canteiro 2, foi orientado o uso de caixas de água de polietileno (Figura 20). Por fim, o canteiro de obras 3, foi orientado a construir baia e revesti-la com cimento queimado (cimento polvilhado) (Figura 21).

Os responsáveis pelas obras não relataram, até então, nenhum problema relacionado a manifestações patológicas.

Figura 19 – Baia de armazenamento canteiro 1



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 20 – Recipiente de armazenamento canteiro 2



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 21 – Baia de armazenamento canteiro 3



Fonte: Elaborada pelo autor.

Quanto à aplicação da argamassa estabilizada, os colaboradores de todas as obras visitadas relataram que em geral a argamassa adere normalmente no substrato. O colaborador do canteiro 2 mencionou que em partes estruturais, há maior dificuldade para ela aderir se comparada com uma argamassa rodada em obra. O colaborador do canteiro 3 descreveu que quando o reboco é muito espesso ela descola ao ser lançada, por isso ele relatou a necessidade de dividir o lançamento em camadas. Dois aspectos foram citados pelos colaboradores como diferenciais da argamassa estabilizada: o maior tempo para sarrafeamento e que a argamassa é mais leve, sendo essa última apontada como a maior vantagem pelos colaboradores de todos os canteiros visitados. O tempo de “puxamento” ¹, comparado com a argamassa convencional, é cerca de 5 a 10 minutos a mais conforme os colaboradores do canteiro 1 e 2. Já o colaborador do canteiro 3,

¹ Entende-se por “puxamento” o intervalo de tempo a partir do qual a argamassa adere ao substrato, alcançando rigidez suficiente para o sarrafeamento e desempenho.

mencionou que é comum ele fazer o lançamento da argamassa num período (manhã) e sarrafejar no outro (tarde). Os colaboradores de todos os canteiros visitados mencionaram que em dias chuvosos a argamassa demora ainda mais para “puxar”. O colaborador do canteiro 2, destacou que se a argamassa vier com muita água nesses dias “nem dá para utilizar”. Perguntados a respeito da necessidade de acrescentar água com o decorrer do tempo, todos os colaboradores afirmaram que sim.

Há de se destacar que quanto à forma de armazenamento, a mais adequada foi a encontrada no canteiro 2 (em caixas de água). Os recipientes dos canteiros 1 e 3 (as baias), possuem frestas pelas quais a água presente na argamassa escoam, podendo levar consigo parte do cimento da mistura, além disso, no canteiro 3 não havia cobertura da baia. Quanto a forma de estabilização de um dia para o outro, notou-se que os canteiros 1 e 2 tinham mais cuidado e seguiam a recomendação do fornecedor. Para tanto, eles aplainavam a superfície da argamassa e colocavam uma película de água cobrindo toda argamassa. No canteiro 3, apenas se jogava água sobre a argamassa, que escorria pela fresta.

Quanto à qualidade da argamassa, notou-se pelas considerações feitas pelos colaboradores dos canteiros 1 e 2, que há variabilidade, pois mencionaram que há dias que a argamassa “não vem boa” ou que “vem muito mole”, chegando a ser inservível, caso isso ocorra em dias muito úmidos. Destaca-se disso, a necessidade de cuidado na dosagem ou a correção do traço pelo fornecedor, sobretudo em dias chuvosos (apontados como mais críticos), devido à umidade presente na areia.

Apenas o responsável canteiro 3 mencionou a realização de ensaio de resistência de aderência à tração para os revestimentos argamassados.

Referente à entrevista com responsáveis da fabricação nas usinas, o tempo de estabilidade mais requerido em três empresas foram de 24 horas. Sobre os cuidados recomendados aos clientes foi mencionada por todos os entrevistados, a colocação da película de água durante o repouso da argamassa de um dia para o outro. Quanto ao recipiente, 2 dos entrevistados recomendam o uso das caixas de água, sendo que 1 deles, recomenda ainda de forma alternativa, a construção de baias revestidas com cimento queimado (nata de cimento polvilhado). O terceiro entrevistado recomenda o uso de masseiras. Sobre rotinas de controle de qualidade, não foi mencionada nenhuma pelos entrevistados.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos para as propriedades analisadas, conclui-se que as amostras apresentaram bom desempenho e que este variou com o decorrer do tempo de armazenagem, porém, não inviabilizou o seu uso no estado fresco. Nesse estado, foi percebido que o teor de ar incorporado possivelmente foi principal indutor das variações das propriedades, já que a afinidade entre essa e as demais propriedades analisadas (consistência e densidade) foram verificadas.

Notou-se, como já percebido em outros estudos, que a película de água colocada sobre a argamassa durante o seu repouso, pode interferir no desempenho das propriedades. No estado fresco, pode ter contribuído para minimização da perda de ar ou para manutenção deste para AEB 36 entre os tempos 0 e 12 horas e tempos 24 e 36 horas respectivamente; e para o aumento da consistência da AEA 24, no tempo 24 horas. Já no estado endurecido, foi observada uma possível influência da película de água na resistência à compressão, de forma mais perceptível na AEB 36. Sugere-se que os fornecedores busquem outro mecanismo para que a argamassa mantenha as suas propriedades durante o repouso. Alternativamente à película de água, pode-se colocar apenas uma lona e acomodá-la sobre a superfície da argamassa.

Para a resistência à compressão, a variação de seu desempenho não foi verificada tão somente por influência teor de ar incorporado, visto que para AEA 24 houve um comportamento contrário ao esperado (diminuição da resistência mesmo com perda de teor de ar), apresentando então um comportamento não definido. Isso sugere, juntamente com as outras pesquisas apontadas nas discussões, a interferência de outros fatores.

Os resultados do ensaio de aderência atenderam o mínimo para o revestimento externo, exceto para o tempo 24 horas da AEA 24 considerando a mediana. Porém, a alta dispersão, possivelmente provocada pela umidade, prejudicou essa análise.

As altas resistências à compressão e de aderência à tração devem ser entendidas com cautela, pois podem advir de um alto teor de cimento na argamassa, podendo ocasionar problemas patológicos futuros no revestimento, devido a um maior módulo de deformação, conforme apontado por Alves (2002) e Carasek (2012). Portanto, para resistência à compressão seria necessária que fosse

estabelecido, para os intervalos e limites determinados na ABNT 13281 (2005) a correspondente destinação e para resistência a aderência estabelecer valores de resistência a partir dos quais, podem ser prejudiciais. Isso possibilita os fornecedores e os consumidores saberem que desempenho almeja para o produto.

Considerando os estudos feitos nessa pesquisa, a argamassa estabilizada pode se mostrar como um produto viável para a construção civil. Porém, é indispensável que os fornecedores busquem um aprimoramento, por meio da interação com os consumidores, corrigindo assim distorções que eventualmente são detectadas, como constatadas nas obras visitadas no âmbito dessa pesquisa.

Tendo isso em vista, recomenda-se que sejam estabelecidas rotinas de controle pelos fornecedores e pelos consumidores tanto no ato da entrega da argamassa como posteriormente. Para ato da entrega, sugere-se, mesmo que não traduza integralmente a trabalhabilidade da argamassa, o uso do ensaio de índice de consistência, visto que os colaboradores entrevistados apontaram que eventualmente a argamassa é entregue com fluidez excessiva, inviabilizando seu uso.

Nesse sentido, o fornecedor pode estabelecer faixas de índice de consistência, assegurando ao consumidor a entrega de um produto sempre com as mesmas características. Já para o estado endurecido, a realização do ensaio de resistência à compressão e de resistência de aderência à tração deve ser adotada. Para os clientes, esse controle assegura a qualidade do produto entregue, e para o fornecedor, além de identificar distorções e a correção imediata, constituirá um histórico, por meio do qual poderá traçar o perfil de comportamento do produto, e quais possíveis variáveis (insumos ou condições ambientais) preponderam sobre as suas propriedades.

Foi constatado tanto nos ensaios como nas entrevistas em canteiro, que a argamassa estabilizada em dias chuvosos demanda mais tempo para alcançar rigidez, concordando então com a desvantagem apontada por Matos (2013). Esse comportamento pode ser acentuado pela não correção da quantidade de água no traço por parte dos fornecedores, devido à umidade presente na areia nos dias chuvosos.

O desempenho da argamassa estabilizada pode ser comprometido devido às formas inadequadas de armazenamento, como por exemplo, por meio de baias revestidas com nata de cimento polvilhado. Para evitar isso, é necessário que os

fornecedores recomendem aos clientes a adoção de recipientes que sejam os mais estanques possíveis, impedindo assim, a perda dos materiais constituintes da argamassa. Recomenda-se então, sempre o uso da caixa de água para essa finalidade.

Em se tratando de argamassa, o assunto é amplo e são muitas as variáveis intervenientes no seu comportamento e seu desempenho, portanto se faz necessário que se dê continuidade aos estudos sobre o tema. Como sugestões de trabalho futuro, tem-se:

- Verificar a influência do aditivo estabilizador de hidratação utilizado pelos fornecedores de Palmas – TO sobre as propriedades da argamassa;
- Realizar dosagens de argamassa com diversos teores de aditivo estabilizador e de aditivos incorporador de ar;
- Estudar o uso da argamassa estabilizada para assentamento de blocos, verificando a aderência por cisalhamento de primas;
- Realizar ensaios de resistência de aderência em protótipos que fiquem em condições ambientais mais severas, como por exemplo, voltadas para o sol;
- Acompanhar por meio de ensaios de aderência em edificações que fizeram uso do produto, para se verificar o desempenho da argamassa referente à durabilidade;
- Analisar o comportamento das propriedades da argamassa fornecidas em Palmas - TO, com e sem uso de película durante o repouso;

Por fim, sugere-se refazer todos os ensaios proposto nessa pesquisa, complementando-os com os ensaios de retenção de água e de absorção de água por capilaridade. Recomenda-se a realização desses ensaios em outra época do ano, de maneira a se isolar as interveniências da umidade sobre os resultados do ensaio de resistência de aderência à tração.

REFERÊNCIAS

ALVES, Nielsen José Dias. **Avaliação dos aditivos incorporadores de ar em argamassa de revestimento**. 2002. 175 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestre em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7200**: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento. Rio de Janeiro, 1998. 13 p.

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2005. 11 p.

_____. **NBR 9776**: Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. Rio de Janeiro, 1987. 3 p.

_____. **NBR 11768**: Aditivos para concreto de cimento Portland – Especificação. Rio de Janeiro, 1992. 4 p.

_____. **NBR 11768**: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro, 2011. 19 p.

_____. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005. 3 p.

_____. **NBR 13277**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005. 3 p.

_____. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005. 4 p.

_____. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005. 9 p.

_____. **NBR 13281**: Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e teto – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005. 7 p.

_____. **NBR 13528**: Revestimento de paredes de argamassa inorgânica - Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2010. 11 p.

_____. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia. Rio de Janeiro, 1995. 8 p.

_____. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia. Rio de Janeiro, 2005. 13 p.

_____. **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas

inorgânicas - Especificação. Rio de Janeiro, 2013. 8 p.

_____. **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, 2005. 3 p.

_____. **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006. 8 p.

_____. **NBR NM 46**: Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

_____. **NBR NM 47**: Concreto – Determinação do teor de ar em concreto fresco – Método pressométrico. Rio de Janeiro, 2002. 23 p.

_____. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

BASTOS, Pedro Kopschitz Xavier. **Retração e desenvolvimento de propriedades mecânicas de argamassa mista de revestimento**. 2001. 172 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

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

BAUER, Elton (Coor.). **Revestimento de argamassas: características e peculiaridades**. 1. ed. Brasília: LEM - UnB – SINDUSCON/DF, 2005, v.1. 92 p.

BENINI, Humberto Ribeiro; CINCOTTO, Maria Alba. **Reaproveitamento de concreto fresco dosado em central com uso de aditivo estabilizador de hidratação**. 15 p. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil; BT/PCC/453. São Paulo: EPUSP, 2007.

CALÇADA, Luciana Maltez Lengler. et. al. **Influência da característica do molde da superfície de contato nas propriedades da argamassa estabilizada**. 2013. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 10., 2013, Fortaleza. **Anais eletrônicos...** Porto Alegre: ANTAC, 2013. Disponível em: <<http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/562-influencia-das-caracteristicas-do-molde-e-da-superficie-de-contato-nas-propriedades-da-argamassa-estabilizada>> Acesso em 08 jul. 2016.

CALVIÑO, Gabriel. Construtora troca argamassa tradicional por estabilizada e reduz custo do insumo em 1,55% por metro cúbico. **Construção e Mercado**, São Paulo, n. 179, 2016. Disponível em < <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/179/artigo370789-1.aspx>> Acesso em 08 fev. 2017.

CARASEK, Helena. Argamassas. In: ISAIA, Geraldo Cechella (coor.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo:

IBRACON, 2010. p. 863-905.

CARASEK, Helena. **Avaliação de resultados do ensaio de resistência de aderência de revestimentos de argamassa**. Techne, São Paulo, n. 185, jun. 2012. Disponível em < <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/185/artigo286939-1.aspx>>Aceddo em 08 fev. 2017.

CASALI, Juliana. M. et al. **Avaliação das propriedades do estado fresco e endurecido da argamassa estabilizada para revestimento**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 9., 2011, Belo Horizonte. **Anais eletrônicos...**Porto. Disponível em: <[http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/426-avaliacao-das-propriedades-do-estado-fresco-e-endurecido -daargamassa-estabilizada-para revestimento](http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/426-avaliacao-das-propriedades-do-estado-fresco-e-endurecido-daargamassa-estabilizada-para-revestimento)>. Acesso em: 20 jul. 2016.

CONSTRUÇÃO MERCADO. São Paulo: Pini, ano 67, n. 161, dez. 2014.

DACHERY, Mônica. **Avaliação das propriedades da argamassa estabilizada para revestimento externo**: aplicação em diferentes substratos, durante diferentes períodos de utilização. 2015. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2015.

FERREIRA, Beatriz Bernardes Dias. **Tipificações de patologias em revestimento argamassados**. 2010. 192 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestre em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

GONÇALVES, Sérgio Ricardo de Castros. **Variabilidade e fatores de dispersão da resistência de aderência nos revestimentos em argamassa**: estudo de caso. 2004. 148 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestre em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

GUERREIRO, Mara Rubia Freitas. **Utilização de aditivo estabilizador de hidratação (AEH) como proposta de reciclagem dos resíduos de concreto usinado**. 2007. 106 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestre em Qualidade Ambiental) - Centro Universitário Feevale, Novo Hamburgo, 2007.

GUIMARÃES, José Epitácio Passos. **A cal**: Fundamentos e aplicações na engenharia civil. 2. Ed. São Paulo: Pini, 2002.

HERMANN, Aline; ROCHA, João Pedro de Almeida. **Pesquisa de viabilidade da utilização da argamassa estabilizada modificada para revestimento sem a necessidade de aplicação do chapisco**. 2013, 101 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

KELLER, Hergya; LOVATO, Patrícia S. **Avaliação de propriedades de argamassas estabilizadas ao longo do tempo decorrido do seu preparo**. In: Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

MACIOSKI, Gustavo. **Avaliação do comportamento de argamassas estabilizadas para revestimento**. 2014, 115 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

MANN NETO, Artur; ANDRADE, Daniela Carnasciali de; SOTO, Nicolle Talita Arriagada. **Estudo das propriedades e viabilidade técnicoeconômica da argamassa estabilizada**. 2010. 127 f. Trabalho de conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

MATOS, Paulo Ricardo de. **Estudo da utilização de argamassa estabilizada em alvenaria estrutural de blocos de concreto**. 2013. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

MARTINS NETO Antônio. A. A.; DJANIKIAN, João. Gaspar. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. **Aspectos de desempenho da argamassa dosada em central**. São Paulo, ISSN 0103-9830, serie BT/PCC/235, 1999. 23 f.

MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto**: microestrutura, propriedades e materiais. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2008. cap 2.

MOURA, Cristiane Borges. **Aderência de revestimento externos de argamassa em substrato de concreto**: influência das condições de temperatura e ventilação na cura do chapisco. 2007. 232 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestre Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

NOLÊTO, José Humberto Rodrigues. **Avaliação da resistência de aderência à tração em argamassa de revestimento do tipo estabilizada**. 2016. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Centro Universitário Luterano de Palmas, ULBRA, Palmas, 2016.

OLIVEIRA, Flávio Augusto Lindner de. **Argamassa industrializada**: vantagens e desvantagens. 2008. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2008.

PIVETTA, Darli Mateus. et. al. **Desempenho de argamassas estabilizadas**: influência do aditivo estabilizador de hidratação no estado endurecido. In: Congresso brasileiro do concreto, 58., 2016, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: IBRACON, 2016.

POLITO, Giulliano. **Avaliação da introdução de cal hidratada nas argamassas aplicadas sobre blocos cerâmicos e sua influência no desempenho e morfologia**. 2008. 181 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestre em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SALVADOR, Austen José. **Desempenho de concretos bombeáveis fabricados com aditivo estabilizador de hidratação**. 2011. 99 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestre em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

SANTOS, Heraldo Barbosa dos. **Ensaio de Aderência das Argamassas de Revestimento**. 2008. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SOUSA, Rômulo Aguiar. **Avaliação do controle tecnológico do concreto usinado em Palmas – TO**. 2017. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação do Tocantins, Palmas, 2017.

SOUZA, Aline Ferreira. **Otimização do uso de aditivo estabilizador de hidratação do cimento em água de lavagem dos caminhões-betoneira para produção de concreto**. 2007. 162 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestre em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

TREVISOL JUNIOR, Luiz Alberto. **Estudo comparativo entre as argamassas: estabilizada dosada em central, industrializada e produzida em obra por meio de ensaios físicos no estado fresco e endurecido**. 2015. 116 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestre em Engenharia Civil) – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento e Instituto de Engenharia do Paraná, Curitiba, 2015.

APÊNDICE A – Questionário utilizado na coleta de dados

Entrevista com engenheiro responsável pela execução da obra:

1. Quais recomendações feitas pelo fornecedor quanto ao tratamento que deve ser dado a argamassa no canteiro?
 - a) Quanto ao recipiente de armazenamento
 - b) Quanto à forma de estabilização durante o repouso de um dia para o outro
2. Utilizam o produto há quanto tempo?
3. Como soube da existência do produto?
4. Foi percebida alguma ocorrência tais como trinca, descolamento e/ou fissuras?
5. Qual a principal vantagem na adoção desse produto? Tempo, logística, redução de mão de obra?
6. Onde é aplicada? Revestimento interno? Revestimento Externo?

Entrevista com um colaborador que aplica o produto

1. A argamassa adere facilmente ao substrato?
2. Demora-se quanto tempo para a realização do puxamento?
3. É necessário acrescentar água com o passar do tempo?
4. Ao final do expediente, o que se faz com o restante que ficou nas masseiras? É colocado película de água nela?
5. Qual argamassa (convencional ou estabilizada) você considera melhor?
6. Nos dias chuvosos, como se comporta a argamassa?

Entrevista com responsável pelo fornecimento de argamassa

1. Quais as recomendações feitas ao cliente?
2. Quais tempos de estabilidades são mais requeridos pelos clientes?
3. Para cada caminhão betoneira que sai da usina, são recolhidas amostras para ensaios de controle de qualidade?

APÊNDICE B – Resultados de ensaio de caracterização de argamassa no estado fresco

Resultados ensaio de consistência

Argamassa	-	Intervalo de amostragem (horas)			
		0	12	24	36
AEA 24	Leitura 1	275,0	255,0	250,0	-
	Leitura 2	260,0	250,0	255,0	-
	Leitura 3	265,0	245,0	255,0	-
	Média (mm)	266,7	250,0	253,3	-
AEB 36	Leitura 1	245,0	244,0	220,0	210,0
	Leitura 2	265,0	235,0	220,0	220,0
	Leitura 3	250,0	235,0	215,0	225,0
	Média (mm)	253,3	238,0	218,3	218,3

Fonte: Elaborada pelo autor.

Teor de ar (%)

Argamassa	Intervalos de amostragem (horas)			
	0	12	24	36
AEA 24	16,00	15,00	14	-
AEB 36	18,00	17,00	15,00	15,00

Fonte: Elaborada pelo autor.

Densidade da massa (Kg/m³)

Argamassa	Intervalos de amostragem (horas)			
	0	12	24	36
AEA 24	1833	1849	1852	-
AEB 36	1806	1814	1817	1818

Fonte: Elaborada pelo autor.

APÊNDICE C – Resultados de ensaio de caracterização de argamassa no estado endurecido

Resistência à compressão					
Argamassa	Corpo de prova	Intervalo de amostragem (horas)			
		0	12	24	36
AEA 24	1	14,48	11,98	12,42	-
	2	15,22	14,93	13,47	-
	3	15,33	13,96	13,62	-
	4	15,66	14,62	13,40	-
	5	16,60	14,27	15,03	-
	6	15,23	15,31	14,64	-
	Média (MPa)	15,42	14,18	13,76	-
	Coef. Variação (%)	4,51	6,83	8,30	-
AEB 36	1	15,98	16,07	15,97	16,35
	2	14,95	15,09	17,18	17,93
	3	14,12	13,00	13,13	12,80
	4	11,23	14,38	16,55	17,76
	5	15,77	12,46	16,52	15,26
	6	13,60	12,06	16,67	13,96
	Média (MPa)	14,19	13,84	16,00	15,68
	Coef. Variação (%)	11,73	11,46	9,11	13,15

Fonte: Elaborada pelo autor.

Resistência à tração na flexão					
Argamassa	Corpo de prova	Intervalo de amostragem (horas)			
		0	12	24	36
AEA 24	1	6,10	5,70	5,30	-
	2	4,00	5,80	5,20	-
	3	5,30	-	4,70	-
	Média (MPa)	5,10	5,74	5,06	-
	Desv. Padrão	1,43	0,125	0,343	
	Coef. Variação (%)	32,17	2,18	6,79	-
AEB 36	1	4,20	4,70	4,90	4,30
	2	4,50	5,10	4,70	5,10
	3	4,20	4,60	4,00	4,20
	Média (MPa)	4,28	4,78	4,53	4,53
	Desv. Padrão	0,16	0,29	0,48	0,46
	Coef. Variação (%)	3,68	5,98	10,56	10,28

Fonte: Elaborada pelo autor.

Ensaio de resistência de aderência à tração - AEA 24 - 0 hora

Corpo de prova			Local do ensaio		Carga (N)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura						
n°	D (mm)	Área (mm²)	Bloco	Junta			A	B	C	D	E	F	G
1	49	1885,8	x		931	0,49	20	70	-	10	-	-	-
2	49	1885,8	x		842	0,45	2	83	-	5	10	-	-
3	49	1885,8		x	470	0,25	-	-	-	-	100	-	-
4	49	1885,8		x	1421	0,75	-	-	-	-	100	-	-
5	49	1885,8		x	597	0,32	20	40	-	40	-	-	-
6	49	1885,8		x	803	0,43	30	15	40	15	-	-	-
7	49	1885,8		x	1019	0,54	15	25	-	5	55	-	-
8	49	1885,8	x		592	0,31	-	50	-	50	-	-	-
9	49	1885,8	x		1323	0,70	1	88	10	1	-	-	-
10	49	1885,8	x		411	0,22	35	40	-	10	15	-	-
11	49	1885,8	x		1015	0,54	50	45	-	5	-	-	-
12	49	1885,8		x	0	0,00	30	60	-	10		-	-
Tensão média (MPa)						0,45	Coeficiente de variação (%)				38,39		
Desvio padrão Mediana (MPa)						0,17 0,45	Teor de umidade (%)				2,54		

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nota: A: ruptura subtrato; B: ruptura interface subtrato/chapisco; C: ruptura chapisco; D: ruptura interface chapisco/argamassa; E: ruptura argamassa; F: ruptura interface argamassa/cola; G: interface cola/pastilha.

Ensaio de resistência de aderência à tração - AEA 24 - 12 horas

Corpo de prova			Local do ensaio		Carga (N)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura						
n°	D (mm)	Área (mm²)	Bloco	Junta			A	B	C	D	E	F	G
1	49	1885,8		x	1116	0,59	-	3	37	5	55	-	-
2	49	1885,8		x	0	0,00	45	45	-	-	10	-	-
3	49	1885,8	x		1764	0,94	-	-	-	-	100	-	-
4	49	1885,8		x	1303	0,69		60	40	-	-	-	-
5	49	1885,8	x		1891	1,00	30	10	20	10	30	-	-
6	49	1885,8	x		1636	0,87	-	10	10	10	70	-	-
7	49	1885,8		x	901	0,48	2	50	-	48	-	-	-
8	49	1885,8		x	264	0,14	5	40	-	-	55	-	-
9	49	1885,8	x		1999	1,06	-	-	10	-	90	-	-
10	49	1885,8	x		1499	0,80	20	50	20	-	10	-	-
11	49	1885,8	x		105	0,06	-	60	20	-	20	-	-
12	49	1885,8		x	0	0,00	25	50	-	25	-	-	-
Tensão média (Mpa)						0,66	Coeficiente de variação (%)				52,57		
Desvio padrão						0,35	Teor de umidade (%)				2,90		
Mediana (MPa)						0,74							

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nota: A: ruptura substrato; B: ruptura interface substrato/chapisco; C: ruptura chapisco; D: ruptura interface chapisco/argamassa; E: ruptura argamassa; F: ruptura interface argamassa/cola; G: interface cola/pastilha.

Ensaio de resistência de aderência à tração - AEA 24 - 24 horas

Corpo de prova			Local do ensaio		Carga (N)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura						
n°	D (mm)	Área (mm²)	Bloco	Junta			A	B	C	D	E	F	G
1	49	1884,8		x	1503	0,80	-	70	10	20	-	-	-
2	49	1884,8		x	1930	1,02	15	70	10	5	-	-	-
3	49	1884,8	x		459	0,24	-	60	-	40	-	-	-
4	49	1884,8	x		1528	0,81	10	85	5	-	-	-	-
5	49	1884,8		x	235	0,12	5	15	40	-	40	-	-
6	49	1884,8		x	401	0,21	30	70	-	-	-	-	-
7	49	1884,8	x		294	0,16	30	55	5	10	-	-	-
8	49	1884,8	x		304	0,16	-	-	-	-	100	-	-
9	49	1884,8		x	3077	1,63	65	30	-	5	-	-	-
10	49	1884,8	x		0	0,00	50	40	-	10	-	-	-
11	49	1884,8	x		3332	1,77	15	45	-	40		-	-
12	49	1884,8	x		189	0,10					100	-	-
Tensão média (Mpa)						0,64	Coeficiente de variação (%)						
Desvio padrão						0,62	Teor de umidade (%)				2,86		
Mediana (MPa)						0,23							

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nota: A: ruptura substrato; B: ruptura interface substrato/chapisco; C: ruptura chapisco; D: ruptura interface chapisco/argamassa; E: ruptura argamassa; F: ruptura interface argamassa/cola; G: interface cola/pastilha.

Ensaio de resistência de aderência à tração - AEB 36 - 0 hora

Corpo de prova			Local do ensaio		Carga (N)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura						
n°	D (mm)	Área (mm²)	Bloco	Junta			A	B	C	D	E	F	G
1	49	1884,79		x	1661	0,88	20	50		30	-	-	-
2	49	1884,79	x		666	0,35	30	60	10	-	-	-	-
3	49	1884,79	x		1019	0,54	40	45	-	-	15	-	-
4	49	1884,79		x	656	0,35	20	50	-	-	30	-	-
5	49	1884,79	x		1548	0,82	15	80	-	-	5	-	-
6	49	1884,79	x		411	0,22	-	-	-	-	100	-	-
7	49	1884,79		x	1166	0,62	100	-	-	-	-	-	-
8	49	1884,79	x		882	0,47	20	80	-	-	-	-	-
9	49	1884,79		x	0	0,00	-	-	-	-	100	-	-
10	49	1884,79		x	0	0,00	70	30	-	-	-	-	-
11	49	1884,79	x		470	0,25	98	-	-	1	1	-	-
12	49	1884,79		x	1571	0,83	30	40	-	30	-	-	-
Tensão média (Mpa)						0,53	Coeficiente de variação (%)					46,46	
Desvio padrão						0,25	Teor de umidade (%)					3,42	
Mediana (MPa)						0,50							

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nota: A: ruptura substrato; B: ruptura interface substrato/chapisco; C: ruptura chapisco; D: ruptura interface chapisco/argamassa; E: ruptura argamassa; F: ruptura interface argamassa/cola; G: interface cola/pastilha.

Ensaio de resistência de aderência à tração - AEB 36 - 12 horas

Corpo de prova			Local do ensaio		Carga (N)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura						
n°	D (mm)	Área (mm²)	Bloco	Junta			A	B	C	D	E	F	G
1	49	1884,8		x	904	0,48	10	-	45	45	-	-	-
2	49	1884,8	x		0	0,00	-	70	-	30	-	-	-
3	49	1884,8		x	708	0,38	40	-	20	40	-	-	-
4	49	1884,8		x	1177	0,62	35	35	-	30	-	-	-
5	49	1884,8	x		843	0,45	60	-	-	40	-	-	-
6	49	1884,8	x		573	0,30	-	50	-	-	50	-	-
7	49	1884,8		x	949	0,50	-	40	-	-	60	-	-
8	49	1884,8		x	613	0,33	-	30	-	15	55	-	-
9	49	1884,8	x		401	0,21	-	80	-	-	20	-	-
10	49	1884,8		x	0	0,00	100	-	-	-	-	-	-
11	49	1884,8	x		1660	0,88	40	50	-	10	-	-	-
12	49	1884,8	x		400	0,21	40	50	-	-	10	-	-
Tensão média (Mpa)						0,44	Coeficiente de variação (%)					46,64	
Desvio padrão						0,20	Teor de umidade (%)					3,49	
Mediana (MPa)						0,41							

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nota: A: ruptura substrato; B: ruptura interface substrato/chapisco; C: ruptura chapisco; D: ruptura interface chapisco/argamassa; E: ruptura argamassa; F: ruptura interface argamassa/cola; G: interface cola/pastilha.

Ensaio de resistência de aderência à tração - AEB 36 - 24 horas

Corpo de prova			Local do ensaio		Carga (N)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura						
n°	D (mm)	Área (mm²)	Bloco	Junta			A	B	C	D	E	F	G
1	49	1884,8	x		0	0,00	-	100	-	-	-	-	-
2	49	1884,8		x	147	0,08	25		-	75	-	-	-
3	49	1884,8		x	156	0,08	30	15	-	55	-	-	-
4	49	1884,8	x		1702	0,90	-	75	-		25	-	-
5	49	1884,8	x		676	0,36	-	60	-	40	-	-	-
6	49	1884,8	x		0	0,00	15	35	-	-	50	-	-
7	49	1884,8		x	561	0,30	-	30	-	50	20	-	-
8	49	1884,8		x	2149	1,14	45		-	55	-	-	-
9	49	1884,8		x	147	0,08	25	50	-	25		-	-
10	49	1884,8	x		1019	0,54	50	50	-	-	-	-	-
11	49	1884,8		x	993	0,53	100		-	-	-	-	-
12	49	1884,8	x		537	0,28	-	100	-	-	-	-	-
Tensão média (MPa)						0,43	Coeficiente de variação (%)					83,74	
Desvio padrão						0,36	Teor de umidade (%)					2,36	
Mediana (MPa)						0,33							

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nota: A: ruptura substrato; B: ruptura interface substrato/chapisco; C: ruptura chapisco; D: ruptura interface chapisco/argamassa; E: ruptura argamassa; F: ruptura interface argamassa/cola; G: interface cola/pastilha.

Ensaio de resistência de aderência à tração – AEB 36 - 36 horas

Corpo de prova			Local do ensaio		Carga (N)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura						
n°	D (mm)	Área (mm²)	Bloco	Junta			A	B	C	D	E	F	G
1	49	1884,8	x		912	0,48	-	15	-	85	-	-	-
2	49	1884,8	x		0	0,00	-	40	-	60	-	-	-
3	49	1884,8		x	583	0,31	10	40	-	50	-	-	-
4	49	1884,8	x		1014	0,54	-	70	-	30	-	-	-
5	49	1884,8		x	508	0,27	40	10	10	40	-	-	-
6	49	1884,8		x	690	0,37	-	40	50	10	-	-	-
7	49	1884,8		x	977	0,52	40	60	-	-	-	-	-
8	49	1884,8		x	656	0,35	40	30	10	20	-	-	-
9	49	1884,8		x	915	0,49	50			-	50	-	-
10	49	1884,8	x		628	0,33	10	15	5	70	-	-	-
11	49	1884,8	x		114	0,06	-	70		-	30	-	-
12	49	1884,8	x		186	0,10	-	70		-	30	-	-
Tensão média (Mpa)						0,35	Coeficiente de variação (%)					46,13	
Desvio padrão						0,16	Teor de umidade (%)					2,36	
Mediana (MPa)						0,35							

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nota: A: ruptura substrato; B: ruptura interface substrato/chapisco; C: ruptura chapisco; D: ruptura interface chapisco/argamassa; E: ruptura argamassa; F: ruptura interface argamassa/cola; G: interface cola/pastilha.