

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

FILIFE FERNANDES DE LIMA

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE ARGAMASSAS ESTABILIZADAS NO
ESTADO FRESCO**

**Alegrete
2018**

FILIFE FERNANDES DE LIMA

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE ARGAMASSAS ESTABILIZADAS NO
ESTADO FRESCO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título
de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Aldo Leonel Temp

**Alegrete
2018**

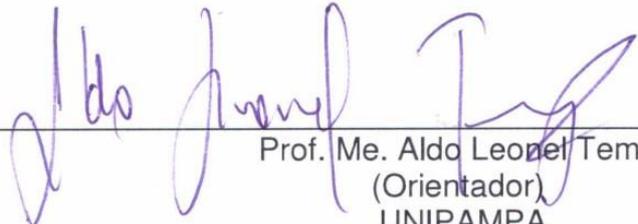
FILIFE FERNANDES DE LIMA

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE ARGAMASSAS ESTABILIZADAS NO
ESTADO FRESCO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título
de Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 29/06/2018

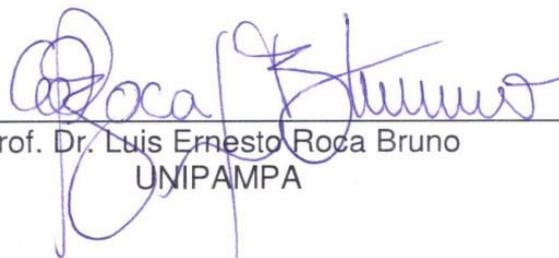
Banca examinadora:



Prof. Me. Aldo Leonel Temp
(Orientador)
UNIPAMPA



Prof. Me. Marcelo de Jesus Dias de Oliveira
UNIPAMPA



Prof. Dr. Luis Ernesto Roca Bruno
UNIPAMPA

AGRADECIMENTOS

À minha família, pelo apoio moral e incentivo ao longo de toda minha vida.

À minha namorada Franciele, pelo carinho e compreensão nos momentos difíceis da realização deste trabalho.

Ao Prof. Aldo Leonel Temp pela orientação, conhecimento e disponibilidade em participar desta pesquisa.

Aos colegas de curso, pelo companheirismo nas jornadas de estudo.

RESUMO

Nos últimos anos a argamassa estabilizada tem se tornado comum nas obras do Brasil por ser um produto que proporciona racionalidade e produtividade no canteiro. Fornecidas em centrais dosadoras, levam em sua composição aditivo incorporador de ar e estabilizadores de hidratação, tornando-a trabalhável por até 72 horas. No entanto, pouco se sabe sobre o comportamento desse material ao longo da jornada de trabalho. Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho de argamassas estabilizadas de 24, 36 e 48 horas no estado fresco por meio de ensaios reológicos. Foram analisados o índice de consistência, densidade de massa, teor de ar incorporado e o comportamento reológico por meio do ensaio de *Squeeze-flow*. Os resultados obtidos demonstraram uma pequena perda de consistência ao longo do tempo de armazenamento. O ensaio de *Squeeze-flow* mostrou que as argamassas estabilizadas de 24 e 36 horas apresentaram comportamento pouco fluido, o que poderia prejudicar nas etapas de aplicação e acabamento. Já a argamassa de 48 horas apresentou maior fluidez, possivelmente por possuir maior teor de ar incorporado.

Palavras-chave: Argamassa estabilizada. Aditivo. Estado fresco. Reologia. *Squeeze-flow*. Revestimento.

ABSTRACT

In recent years the ready mix mortar has become common in Brazil's construction because it is a product that provides rationality and productivity in the construction site. Supplied on concrete batching plants, they incorporate entraining-air additives and retarders, making it workable for up to 72 hours. However, not much is known about the behavior of this material throughout the working day. Thus, the present work has as objective to evaluate the performance of ready mix mortar of 24, 36 and 48 hours in the fresh state by means of rheological tests. The properties analyzed were the consistency index, mass density, entrained-air content and rheological behavior by the Squeeze flow Test. The results showed a small loss of consistency over the storage time. The Squeeze-flow test showed that the ready mix mortars at 24 and 36 hours presented poor fluid behavior, which could impair the application and final touch steps. On the other hand, the mortar of 48 hours presented greater fluidity, possibly because it has a higher content of incorporated air.

Keywords: Ready mix mortar. Admix. Fresh. Rheology. Squeeze-flow Test. Rendering.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Aplicação de uma argamassa de assentamento	18
Figura 2 - Sistemas de revestimento: (a) chapisco + emboço + reboco; (b) massa única.....	21
Figura 3 - Argamassa dosada em um canteiro de obra	22
Figura 4 - Adição de água na argamassa industrializada.....	23
Figura 5 - Argamassa estabilizada sendo descarregada na obra	24
Figura 6 – Gráfico das relações "E" com aglomerantes por cimento e o fator água/cimento.....	26
Figura 7 - Massa unitária por percentagem de areia fina na mistura	30
Figura 8 - Índice de consistência de diferentes percentagens de areia fina e areia média	31
Figura 9 - Índice de consistência dos traços em massa de argamassas de cal e areia	32
Figura 10 - Resistência à compressão por percentagem de cimento na mistura aglomerante	33
Figura 11 - Macro e microestrutura de uma argamassa.....	39
Figura 12 - Representação esquemática do ensaio reológico de <i>Squeeze-flow</i>	40
Figura 13 - Perfil típico de carga vs. deslocamento de um ensaio de <i>Squeeze-flow</i> realizado com deslocamento controlado	40
Figura 14 - Fluxograma do programa experimental	44
Figura 15 - Ensaio de índice de consistência (<i>Flow-table</i>)	49
Figura 16 - Execução do ensaio de <i>Squeeze-flow</i>	50
Figura 17 - Perfil típico de Carga <i>versus</i> Deslocamento de um ensaio de <i>Squeeze-flow</i>	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação das argamassas.....	17
Tabela 2 - Classificação das argamassas segundo suas funções na construção.....	17
Tabela 3 - Consumo de cimento por m ³ de argamassa de acordo com o local de aplicação da argamassa (kg).	28
Tabela 4 - Composição granulométrica do agregado miúdo.....	45
Tabela 5 - Massa específica unitária e massa específica do agregado miúdo	46
Tabela 6 - Propriedades químicas do cimento	47
Tabela 7 - Propriedades físicas do cimento	47
Tabela 8 - Porcentagem de aditivo por massa de cimento	51
Tabela 9 - Traço em massa para 20 litros de argamassa	51
Tabela 10 - Índice de consistência (valores em mm)	52
Tabela 11 - Relação entre densidade de massa e teor de ar incorporado.....	55

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Curva granulométrica do agregado miúdo.....	46
Gráfico 2 - Índice de consistência das argamassas estabilizadas.....	53
Gráfico 3 - Densidade de massa (d).....	54
Gráfico 4 - Teor de ar incorporado (A)	55
Gráfico 5 - Ensaio de <i>Squeeze-flow</i>	57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Considerações iniciais	12
1.2	Objetivos	14
1.2.1	Objetivo geral	14
1.2.2	Objetivos específicos	14
1.3	Justificativa	15
2	REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1	Função das Argamassas	16
2.2	Classificação das argamassas	16
2.2.1	Argamassa de assentamento	18
2.2.2	Argamassa de revestimento	20
2.3	Tipos de argamassas	21
2.3.1	Argamassas dosadas em obra	22
2.3.2	Argamassas industrializadas	22
2.3.3	Argamassas estabilizadas	24
2.4	Dosagem das argamassas	25
2.4.1	Método de dosagem de Selmo (1989)	25
2.4.2	Método de dosagem de Gomes e Neves (2002) – CETA-BA	27
2.4.3	Método de dosagem da CIENTEC	28
2.5	Propriedades das argamassas no estado fresco	33
2.5.1	Trabalhabilidade	34
2.5.2	Retenção de água	35
2.5.3	Consistência	35
2.5.4	Densidade de massa	37
2.5.5	Reologia das argamassas	37
2.5.6	Adesão inicial	41
2.5.7	Retração	42

3	MATERIAIS E MÉTODOS	44
3.1	Materiais	44
3.1.1	Caracterização do agregado miúdo	44
3.1.2	Caracterização do cimento	47
3.1.3	Aditivos	47
3.2	Métodos	48
3.2.1	Preparação das argamassas.....	48
3.2.2	Índice de consistência (<i>Flow-table</i>).....	48
3.2.3	Densidade de massa e teor de ar incorporado	49
3.2.4	Comportamento reológico através do ensaio de <i>Squeeze-flow</i>	49
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
4.1	Estudo de dosagem e escolha do traço.....	51
4.2	Propriedades da argamassa no estado fresco	52
4.2.1	Índice de consistência (<i>Flow-table</i>).....	52
4.2.2	Densidade de massa e teor de ar incorporado	53
4.2.3	Comportamento reológico através do ensaio de <i>Squeeze-flow</i>	56
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	60
	REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

A construção civil, de modo geral, sempre foi vista como um segmento arcaico da indústria, com ainda muitas atividades artesanais, muitas vezes, confeccionadas no canteiro de obra. Devido a esses aspectos, nos últimos anos verificou-se um crescimento na busca por novas técnicas e sistemas construtivos que suprissem aos prazos de entrega cada vez menores, já que este está diretamente relacionado ao retorno do investimento.

Outro fator que também justifica o surgimento de novas técnicas na construção civil, destacado por Moura (2007), vem da necessidade de solucionar e prevenir a ocorrência de manifestações patológicas nos revestimentos em argamassa.

As argamassas de revestimento, tanto externo, quanto interno, desempenham funções importantes nas estruturas. Deste modo, pode-se destacar a estanqueidade aos gases e água, regularização, isolamento termo-acústico e na estética da edificação. Este sistema permite o cobrimento das alvenarias e concreto, ao passo que serve de substrato para o acabamento final (pintura, cerâmica, pastilha, etc).

A ABNT NBR 13281:2005 define argamassa como uma 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).

Atualmente, têm-se despertado uma procura por novas técnicas e sistemas construtivos, tanto para o aperfeiçoamento da indústria da construção civil, como para o entendimento das propriedades das argamassas e o seu comportamento com o substrato. Tais técnicas levaram ao surgimento de novos materiais, que é o caso dos aditivos orgânicos, frequentemente utilizados para melhorar algumas propriedades da mistura, como a trabalhabilidade. Carasek (2010) demonstra que esses aditivos são, por exemplo, os incorporadores de ar que modificam a reologia da massa fresca pela introdução de pequenas bolhas de ar, ou mesmo os aditivos retentores de água. Esses aditivos incorporadores de ar, dosados em quantidades adequadas à quantidade de cimento empregado, podem melhorar algumas características de concretos e argamassas (RECENA, 2012).

Ainda no que se refere às novas técnicas de construção, é importante destacar o surgimento das argamassas industrializadas, que são misturas prontas, dosadas em plantas industriais, sendo necessário somente a adição de água na obra. Tais produtos são amplamente comercializados no Brasil ultimamente. Sob esse enfoque, as construtoras têm aumentado o uso de argamassas industrializadas, objetivando melhorar a produtividade e diminuir a responsabilidade da dosagem das argamassas em obra (SCHANKOSKI, 2012).

As argamassas estabilizadas, de acordo com Recena (2012), são produtos desenvolvidos para serem produzidos e fornecidos por centrais dosadoras assim como o concreto usinado. Normalmente são produzidas com cimento Portland, agregado miúdo, água, aditivo incorporador de ar e aditivo estabilizante.

A industrialização dessas argamassas começou na década de 50, no entanto, somente após o desenvolvimento dos aditivos nos anos 70 é que foi introduzida na Alemanha uma argamassa pronta capaz de manter suas características de uso por mais dias. Já a argamassa estabilizada foi utilizada pela primeira vez no Canadá por volta de 1980, nos Estados Unidos em 1982 e posteriormente no Brasil, em 1985 (PANARESE; KOSMATKA; RANDALL apud MACIOSKI et al., 2013).

A argamassa dosada em central passou a ter grande aceitação da Indústria da Construção Civil, pois aliava produção em larga escala, controle tecnológico, materiais classificados, assistência técnica e acompanhamento, o que possibilitou acelerar processos construtivos, atendendo obras de grandes volumes em curto espaço de tempo (MARTINS NETO; DJANIKIAN, 1999). Entretanto, Pagnussat et al. (2012) apontam que seu uso, no entanto, é muito pequeno no Brasil, ficando restrito a alguns mercados regionais bem específicos.

Segundo Marcondes (2009), as vantagens da argamassa estabilizada quando comparada com a argamassa convencional virada em obra são: melhor homogeneidade (resultando em melhor acabamento); menor permeabilidade; menor taxa de exsudação; facilidade de carga e descarga; não se faz necessário ter na obra tomada d'água e eletricidade para instalar equipamentos; maior rendimento do trabalho (pois evita parada da obra para o emprego da mesma); maior precisão do custo da argamassa; menor esforço do pedreiro (o que conseqüentemente reduz o risco de problemas laborais); limpeza e organização no canteiro, por não ser necessário estocagem de cimento, areia e cal; responsabilidade sobre a fabricação da argamassa ser da empresa contratada.

Além disso, outro fator importante a ser observado é que o pedreiro encontra a argamassa pronta na obra para ser utilizada já no início da jornada de trabalho, sem a necessidade de confecção da mesma, ganhando em agilidade na execução do revestimento.

No entanto, estudos demonstraram variações nas propriedades das argamassas estabilizadas no estado fresco em decorrência do tempo de armazenamento, que pode variar de 36 a 72 horas (CALÇADA et al., 2013; CASALI et al., 2011; MACIOSKI et al., 2013). O emprego inadequado da argamassa estabilizada também pode ocasionar patologias nos diversos fatores que a compõe. Há uma carência de normas que estabeleçam padrões de controle de qualidade e desempenho, tanto na produção, quanto na aplicação do produto. Diante do exposto, se faz necessário um estudo mais aprofundado do comportamento da argamassa estabilizada no estado fresco em diferentes idades e proporções.

Este estudo aborda o comportamento de argamassas estabilizadas no estado fresco por meio de ensaios em laboratório, com a avaliação da reologia de argamassas de revestimento.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Realizar uma análise no comportamento de argamassas estabilizadas através de ensaios reológicos no estado fresco utilizadas tanto para revestimento externo quanto interno em edificações.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar um estudo de dosagem de argamassas estabilizadas de 24, 36 e 48 horas;
- Avaliar a consistência no estado fresco das argamassas;
- Determinar a densidade das argamassas no estado fresco e seu teor de ar incorporado;
- Avaliar o comportamento reológico das argamassas por meio do ensaio de *Squeeze-Flow*.

1.3 Justificativa

O Brasil está passando por um processo de desenvolvimento e evolução na área da construção civil, impulsionado pelas constantes transformações econômicas no país. Por isso, faz-se necessário a busca por novas tecnologias que reduzam os custos e aumentem a produtividade nas obras.

A argamassa estabilizada vem se tornando uma prática corriqueira em obras de médio e grande porte, provando ser uma alternativa construtiva que agrega em rapidez e agilidade, frente ao seu custo benefício. Seu uso tem aumentado em função do ganho de produtividade na obra, principalmente por manter sua trabalhabilidade por um período de até 72 horas.

O estudo desse material vem da necessidade de avaliar seu desempenho ao longo da estabilização gerada pelos aditivos e as alterações causadas por eles na argamassa no estado fresco. Por mais difundida que seja a argamassa estabilizada no mercado, ultimamente, pouco se sabe sobre seu comportamento reológico ao longo do tempo, sendo este, um parâmetro importante para a avaliação da trabalhabilidade do material.

Esse trabalho contribui, ainda, para o desenvolvimento de normas de avaliação das propriedades de argamassas estabilizadas e, também, da correta dosagem, aplicação, tempo de hidratação do cimento e do conhecimento dos seus materiais constituintes.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Função das Argamassas

A função das argamassas está diretamente relacionada com a sua finalidade e aplicação na estrutura. Neste aspecto, considerando a argamassa como um elemento de um sistema e não isoladamente como um material, levando em conta sua interação com o substrato e o ambiente, Recena (2012) elenca as principais funções que a mesma deve desempenhar no revestimento:

- impermeabilizar o substrato de aplicação;
- garantir bom acabamento ao paramento revestido;
- absorver as deformações naturais a que uma estrutura está sujeita;
- regularizar e/ou proteger mecanicamente substratos constituídos por sistemas de impermeabilização ou isolamento termo-acústico.

Ademais, é importante destacar suas funções quando empregadas em assentamento de blocos de alvenaria, que segundo Carasek (2010), são:

- unir as unidades de alvenaria de forma a constituir um elemento monolítico, contribuindo na resistência aos esforços laterais;
- distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede por toda a área resistente dos blocos;
- selar as juntas, garantindo estanqueidade da parede à penetração de água da chuva;
- absorver as deformações naturais, como as de origem térmica e as de retração por secagem (origem higroscópica) a que a alvenaria estiver sujeita.

2.2 Classificação das argamassas

As argamassas podem ser classificadas de acordo com vários critérios, como mostra a Tabela 1 e com relação às suas funções na construção, explicitado na Tabela 2, segundo Carasek (2010).

Tabela 1 - Classificação das argamassas

Critério de Classificação	Tipo
Quanto à natureza do aglomerante	Argamassa aérea
	Argamassa hidráulica
	Argamassa de cal
Quanto ao tipo de aglomerante	Argamassa de cimento
	Argamassa de cimento e cal
	Argamassa de gesso
	Argamassa de cal e gesso
Quanto ao número de aglomerantes	Argamassa simples
	Argamassa mista
Quanto à consistência da argamassa	Argamassa seca
	Argamassa plástica
	Argamassa fluida
Quanto à plasticidade da argamassa	Argamassa pobre ou magra
	Argamassa média ou cheia
	Argamassa rica ou gorda
Quanto à densidade da argamassa	Argamassa leve
	Argamassa normal
	Argamassa pesada

Fonte: Carasek (2010, p. 887)

Tabela 2 - Classificação das argamassas segundo suas funções na construção

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

Fonte: Carasek (2010, p. 887)

O foco deste trabalho está no emprego da argamassa estabilizada no revestimento de paredes e tetos, já que estas são as principais utilizações de argamassas com aditivos estabilizadores de hidratação.

2.2.1 Argamassa de assentamento

São argamassas empregadas no assentamento de elementos de alvenaria (RECENA, 2012), como mostrado na Figura 1. Segundo o código CP-121 walling da British Standards Institution (BSI) apud Sabbatini (1998), as funções primárias das juntas de argamassa em uma parede de alvenaria são:

- unir solidamente as unidades de alvenaria e ajuda-las a resistir aos esforços laterais;
- distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede por toda a área resistente dos componentes de alvenaria;
- absorver as deformações naturais a que a alvenaria estiver sujeita;
- selar as juntas contra a penetração de água da chuva.

Figura 1 - Aplicação de uma argamassa de assentamento



Fonte: Scandaroli (2015)

Para que a argamassa tenha capacidade de prover as funções citadas, ela deve apresentar as seguintes características (BSI, 1973; Davison, 1974; Andrews, 1950 apud Sabbatini, 1998):

- ter trabalhabilidade (consistência, plasticidade e coesão) suficiente para que o pedreiro produza com rendimento otimizado um trabalho satisfatório, rápido e econômico;
- ter capacidade de retenção de água suficiente para que uma elevada sucção do elemento não prejudique as suas funções primárias;
- adquirir rapidamente alguma resistência após assentada para resistir a esforços que possam atuar durante a construção;
- desenvolver resistência adequada para não comprometer a alvenaria da qual faz parte. Não deve, no entanto, ser mais resistente que os componentes que ela une;
- ter adequada aderência aos componentes a fim de que a interface possa resistir a esforços cisalhantes e de tração e prover a alvenaria de juntas estanques à água da chuva;
- ser durável e não afetar a durabilidade de outros materiais ou da construção como um todo;
- ter suficiente resiliência (baixo módulo de deformação) de maneira a acomodar as deformações intrínsecas (retração na secagem e de origem térmica) e as decorrentes de movimentos estruturais (de pequena amplitude) da parede de alvenaria, sem fissurar.

A escolha do tipo de argamassa poderá ser baseada no tipo de elemento a ser assentado, ou em normas construtivas ou, ainda, de acordo com os esforços a serem suportados pela alvenaria. Por exemplo, a argamassa poderá ser correlacionada com o tipo ou característica dos elementos a serem assentados: blocos de concreto; blocos cerâmicos; tijolos maciços; tijolos furados; placas de concreto leve, etc. assim, um elemento de alvenaria com alta velocidade inicial de absorção de água deverá ser compatível com a argamassa de alta retenção de água (FIORITO, 2009).

2.2.2 Argamassa de revestimento

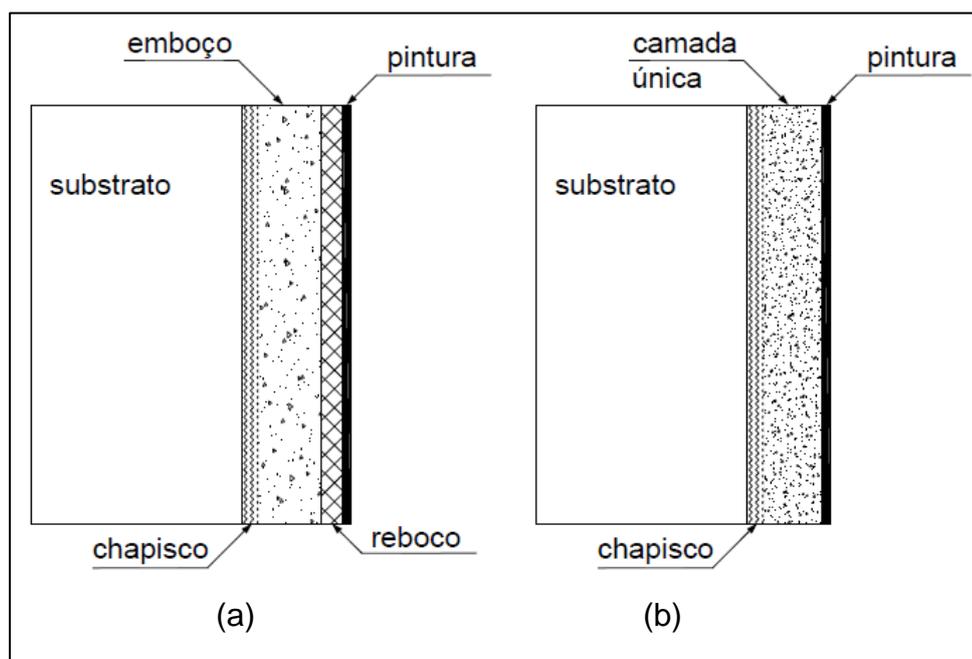
É utilizada para revestir paredes, muros e tetos, os quais, geralmente, recebem acabamentos como pintura, revestimentos cerâmicos, laminados, etc (CARASEK, 2010). Para Bauer (2005), as funções de um revestimento de argamassa vão desde a proteção da alvenaria, regularização das superfícies, estanqueidade, até funções de natureza estéticas.

Os sistemas de revestimento podem apresentar uma ou mais camadas de argamassa, apresentadas na Figura 2 que, segundo Sabbatini (1984), podem ser:

- Chapisco: é um procedimento de preparação da base (substrato), de espessura irregular, sendo necessário ou não, conforme a natureza da base. Seu objetivo é melhorar as condições de aderência da primeira camada do revestimento ao substrato, em situações críticas basicamente vinculadas a dois fatores: limitações na capacidade de aderência da base e revestimento sujeito a ações de maior intensidade.
- Emboço: é uma camada cuja função é a regularização da superfície de alvenaria, devendo apresentar espessura média entre 15 mm e 25 mm, sendo aplicado diretamente sobre a base previamente preparada (com ou sem chapisco) e se destina a receber as camadas posteriores do revestimento (reboco, cerâmica, ou outro revestimento final). Para tanto, deve apresentar porosidade e textura superficiais compatíveis com a capacidade de aderência do acabamento final previsto, onde ambas características são determinadas pela granulometria dos materiais e pela técnica de execução.
- Reboco: é a camada de acabamento, aplicada sobre o emboço, e sua espessura é apenas o suficiente para constituir uma película contínua e íntegra sobre o emboço, com no máximo 5 mm de espessura. É o reboco que confere a textura superficial final aos revestimentos de múltiplas camadas, sendo a pintura, em geral, aplicada diretamente sobre o mesmo. Portanto, não deve apresentar fissuras, principalmente em aplicações externas. Para isto, a argamassa deverá apresentar elevada capacidade de acomodar deformações.
- Massa única: ou emboço paulista, é o revestimento com acabamento em pintura executado em uma única camada. Neste caso, a argamassa

utilizada e a técnica de execução deverão resultar em um revestimento capaz de cumprir as funções tanto do emboço quanto do reboco, ou seja, regularização da base e acabamento.

Figura 2 - Sistemas de revestimento: (a) chapisco + emboço + reboco; (b) massa única



Fonte: Adaptado de Carasek (2010, p. 892)

De acordo com Carasek (2010), as propriedades a serem almejadas pelas argamassas de revestimento são: trabalhabilidade, especialmente consistência, plasticidade e adesão inicial; retração; aderência; permeabilidade à água; resistência mecânica, principalmente a superficial; capacidade de absorver deformações.

2.3 Tipos de argamassas

Neste capítulo serão abordados os tipos de argamassas mais correntes em obras, assim como suas principais características, vantagens e desvantagens.

2.3.1 Argamassas dosadas em obra

Conforme Recena (2012), são as argamassas tradicionais, sendo compostas por materiais aglomerantes, agregados e água, podendo ou não ser aditivadas. São produzidas de forma empírica, no canteiro de obra, misturando-se mecanicamente os constituintes, que são definidos na fase de projeto. A armazenagem dos materiais é feita no próprio canteiro, devendo haver áreas de estocagem específicas para cada matéria-prima, como mostra o exemplo da Figura 3:

Figura 3 - Argamassa dosada em um canteiro de obra



Fonte: Blog Pra Construir (2017)

Esse tipo de argamassa é o mais empregado no Brasil, apesar de apresentar diversas desvantagens. Tais desvantagens são mencionadas por Regattieri e Silva (2006): maiores perdas, demanda mais mão-de-obra, dificuldades em controlar a qualidade da areia, demanda espaço para armazenamento, depende da experiência do operário, deve ser mecanizada, maior gasto de energia com transportes, entre outros.

2.3.2 Argamassas industrializadas

De acordo com a ABNT NBR 13529:1995, as argamassas industrializadas são aquelas provenientes da dosagem controlada, em instalações próprias

(indústrias) de aglomerante(s), agregado(s), aditivo(s) e adição(ões) em estado seco e homogêneo, compondo uma mistura seca à qual o usuário somente adiciona a quantidade de água requerida para proceder à mistura. A seguir pode ser visto, na Figura 4, a adição de água para o preparo de uma argamassa industrializada:

Figura 4 - Adição de água na argamassa industrializada



Fonte: Müller (2015)

O produto é fornecido ensacado e paletizado, o que gera economia na mão-de-obra e também liberando espaço no canteiro de obra, já que não se faz necessário a estocagem de areia, cimento e cal. Uma vantagem em relação à argamassa dosada em obra é que não é preciso pessoal capacitado para a produção da argamassa, retirando do pedreiro a responsabilidade da execução do proporcionamento da mistura.

Outro ponto a ser verificado sobre as argamassas industrializadas é que elas possuem categorias específicas para cada utilização, havendo no mercado argamassas prontas para o uso em revestimentos de parede, tanto interna, quanto externa, argamassa colante para aplicação de revestimentos cerâmicos, argamassas de assentamento de blocos de alvenaria estrutural, de contrapisos e regularizações.

2.3.3 Argamassas estabilizadas

A argamassa estabilizada é uma argamassa úmida que vem pronta para o uso, normalmente, composta por aglomerantes (cimento e/ou cal), areia, água e aditivos que a mantêm trabalhável, sem prejudicar suas propriedades no estado endurecido (MARCONDES, 2009). Ainda, segundo o referido autor, sua produção é feita em centrais dosadoras e, desta forma, consegue-se obter um rígido controle de qualidade, o que garante a homogeneidade do produto e proporciona acabamentos com maior perfeição, diminuindo assim o risco de aparecerem patologias.

Os aditivos utilizados nessa argamassa são os incorporadores de ar e os aditivos estabilizantes ou retardadores de pega, o que mantém o produto trabalhável por até 72 horas após sua confecção.

O armazenamento da argamassa estabilizada na obra é feito em caixas de material plástico, de volume conhecido, o que possibilita o controle da produção durante a jornada de trabalho. Como recomendação dos fornecedores, é adicionada uma película de água sobre a argamassa, para o armazenamento do produto de um dia para o outro. Na Figura 5 pode ser visto o descarregamento da argamassa estabilizada na obra.

Figura 5 - Argamassa estabilizada sendo descarregada na obra



Fonte: Santa Ana Areias e Argamassas (2016)

Como vantagens da argamassa estabilizada em relação à dosada em obra e a industrializada, pode-se citar: redução de perdas, aumenta o rendimento, limpeza da obra, reduz misturas constantes, reduz a responsabilidade, melhora a logística, reduz a demanda de mão de obra, agilidade e praticidade. Porém, diversos estudos

(CASALI et al., 2012; FERNANDES et al., 2015; MACIOSKI et al., 2015) publicados no Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas apontam, algumas desvantagens, como: redução ou perda de fluidez da argamassa ao longo do tempo, maior tempo de espera para realizar o desempenho da argamassa, menor número de fiadas por dia, planejamento preciso da quantidade, esmagamento do assentamento, tempo para adquirir rigidez.

Esses estudos propõem determinar propriedades importantes para as argamassas, tais como: índice de consistência, teor de ar incorporado, densidade de massa, resistência à compressão e tração na flexão, densidade de massa aparente, módulo de elasticidade dinâmico e estático e parâmetros reológicos por meio do ensaio de *Squeeze-flow*.

2.4 Dosagem das argamassas

O adequado desempenho das argamassas depende fundamentalmente da correta escolha dos materiais e de seu proporcionamento na mistura, cujas operações são denominadas Dosagem (LARA, et al., 1995)

Atualmente as argamassas, diferentemente do que ocorre com o concreto, sofrem grande carência de métodos racionais de dosagem que sejam totalmente consagrados e difundidos em âmbito nacional. Ainda é comum o emprego de traços pré-fixados, baseados em normas e documentos elaborados por instituições técnicas, chamadas “receitas de bolo”. Isso claramente leva a um emprego inadequado dos métodos de dosagem de argamassa. Nesse sentido, várias pesquisas têm sido feitas para suprir essa necessidade. É o caso de Selmo (1989), Gomes e Neves (2001) e o Método da CIENTEC, entre outros.

2.4.1 Método de dosagem de Selmo (1989)

Este método consiste em dosar o teor ótimo de material plastificante, ou seja, finos provenientes da cal ou de uma adição mineral como o saibro, o filito ou o pó calcário, em argamassas cujo parâmetro “E”, que é a relação (areia+plastificante)/cimento, sejam preestabelecidas. Em seguida são feitas curvas de correlação entre os parâmetros “E”. Nesse método, quanto mais baixas as

curvas, mais ricos são os traços, ao passo que, quanto mais altas, mais pobres e porosos eles serão.

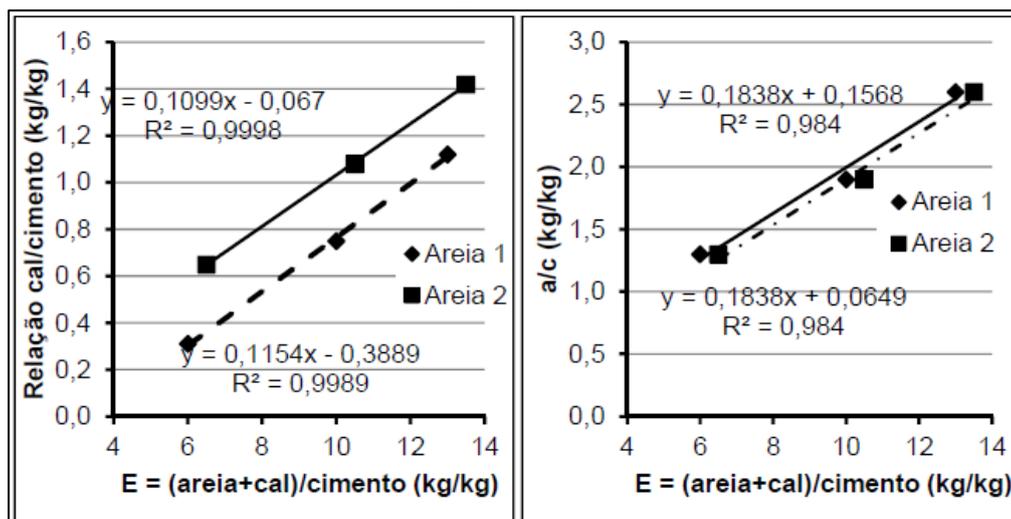
O procedimento de dosagem consiste em encontrar a mínima quantidade de material fino capaz de plastificar a argamassa e a mínima quantidade de água necessária para dar a fluidez adequada, garantindo que a argamassa fique trabalhável. Deste modo, elaboram-se os gráficos com as curvas de trabalhabilidade, que relacionam os valores de “E” com os “plastificantes/cimento” ou “água/cimento”.

Retiram-se dos gráficos os teores mínimos de plastificantes e de água necessários para a relação (areia+plastificante)/cimento, de acordo com os materiais disponíveis. Cabe destacar aqui que o teor de finos varia em função da natureza e as características do material empregado como plastificante: cal, argila ou filer calcário, além de ser influenciado pelas características da areia.

Com as quantidades de areia e cimento previamente pesadas, o pedreiro adiciona o material plastificante e a água até que sinta, no manuseio da mistura, que a argamassa se tornou plástica, com a trabalhabilidade ideal para ser aplicada. Isso requer experiência por parte do pedreiro que for executar este experimento, por depender crucialmente da sensibilidade do mesmo em avaliar a condição de trabalhabilidade da argamassa.

A Figura 6 mostra um exemplo da obtenção dos valores da relação (areia+plastificante)/cimento e fator água/cimento com o parâmetro “E”.

Figura 6 – Gráfico das relações "E" com aglomerantes por cimento e o fator água/cimento



Fonte: Adaptado de Selmo (1989)

Após a obtenção das curvas, parte-se para o estudo dessas argamassas aplicadas no assentamento de alvenaria ou revestimento. No caso do revestimento, recomenda-se aplicar em painéis de 2m² com as mesmas condições de substrato encontradas na obra e avaliando-se a fissuração e a resistência de aderência à tração.

2.4.2 Método de dosagem de Gomes e Neves (2002) – CETA-BA

O método do Centro Tecnológico da Argamassa (CETA), proposto por Gomes e Neves (2001), apresenta um método de dosagem racional para argamassas de assentamento e revestimento de paredes e tetos especialmente para argamassas que contém adições argilosas, empregadas na região de Salvador – BA, ali denominados de caulim e arenoso. Neste método, os parâmetros básicos de dosagem são:

- teor máximo de finos (<0,075 mm) do agregado de 7%;
- máxima relação entre adição de plastificante (caulim e arenoso) e de agregado de 35%;
- consumo de cimento especificado em projeto ou conforme a recomendação apresentada na Tabela 3;
- características da argamassa no estado fresco: índice de consistência na mesa ABNT (*flow-table*) de 260 ± 10 mm (NBR 13276); teor de ar incorporado entre 8% e 17%, e retenção de água (NBR 13277) superior a 75%.

Na Tabela 3, a seguir, é apresentada uma recomendação do método para o consumo de cimento:

Tabela 3 - Consumo de cimento por m³ de argamassa de acordo com o local de aplicação da argamassa (kg).

Tipos de Argamassa	Uso ou aplicação	
	Interno	Externo
Assentamento de blocos	150-180	160-190
Chapisco (sem adição)	380-430	410-470
Emboço	160-180	180-210
Reboco	160-170	170-190
Camada única	160-180	180-210
Base para cerâmica	180-210	190-220
Base para laminado	210-240	-
Assentamento	250-350	250-350

Fonte: Gomes e Neves (2001, p. 24)

Segundo o autor, o consumo de água varia muito de acordo com a região e os materiais e seus respectivos teores na argamassa, sendo necessário avaliá-los em laboratório. Como estimativa, indica-se o valor de 285 l/m³ de argamassa.

2.4.3 Método de dosagem da CIENTEC

Nesse método de dosagem, o proporcionamento deve ser otimizado na medida em que a argamassa vai sendo empregada em escala na obra. Utiliza de métodos objetivos e subjetivos na determinação do traço da argamassa, como ensaios em laboratório e a própria avaliação da trabalhabilidade, que depende fundamentalmente da experiência daqueles que realizam essa dosagem.

Considerando que os profissionais que executam o serviço de revestimento julguem a trabalhabilidade um aspecto importante da argamassa, provavelmente por estar diretamente ligada com a produtividade, o método leva essa propriedade como elemento balizador para a obtenção de um traço que atenda a esse requisito. Outro fator, este requerido pelos profissionais que demandam o serviço de dosagem, é a isenção de fissuras, já que essa é a patologia de maior incidência em argamassas de revestimento.

Em um processo de dosagem, deve-se sempre levar em conta as condições gerais de aplicação, quem vai executar o serviço, clima da região, além do

microclima a que está inserida a obra. Por isso, a mesma argamassa, dosada em locais diferentes, pode ter desempenhos diferentes, sendo o processo de dosagem um minimizador de problemas.

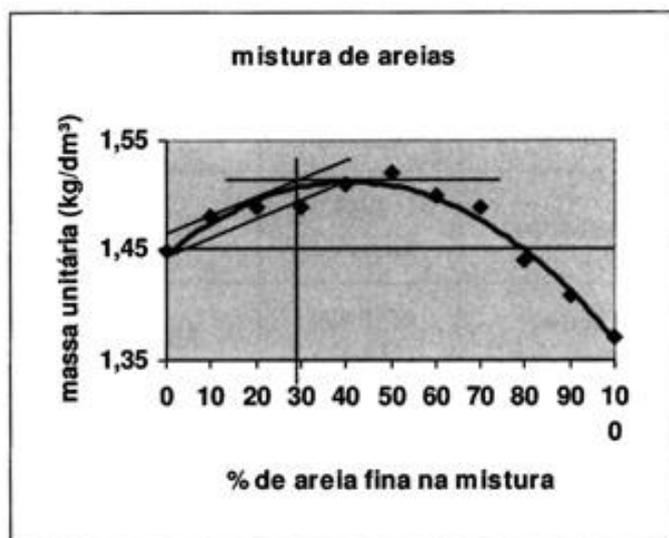
Devem ser feitos estudos dos materiais colocados à disposição da dosagem para que haja uma menor demanda possível de água para uma trabalhabilidade adequada.

Em resumo, o método de dosagem aqui abordado baseia-se na obtenção de uma mistura com o menor volume de pasta possível, exigindo a menor quantidade de água possível para uma dada trabalhabilidade, e na verificação de uma resistência à tração suficiente para transmitir o esforço de tração à interface da argamassa com o substrato, podendo ser avaliada indiretamente pela resistência à compressão simples.

São feitas várias argamassas em que todas são preparadas com a mesma quantidade de água de maneira que aquela que apresentar o mais elevado índice de consistência estará representando o melhor proporcionamento ou a mistura de melhor reologia, ou seja, a mistura que poderá ser obtida com a trabalhabilidade requerida a partir do menor consumo de água (RECENA, 2012).

O objetivo de qualquer dosagem é sempre minimizar o volume de vazios proveniente dos agregados (areia), garantindo que estes tenham uma granulometria contínua, melhorando a trabalhabilidade e o acabamento final após o desempenamento. Como é praticamente impossível encontrar uma areia natural com essas características, recomenda-se utilizar duas ou mais areias na composição do traço dessa dosagem. A melhor mistura é definida por aquele proporcionamento que apresentar a maior massa unitária medida diretamente, já que areias em geral possuem massas específicas que podem ser consideradas iguais. Assim, é possível obter um gráfico relacionando a massa unitária de cada mistura com a proporção de cada areia na mistura, como mostra o exemplo da Figura 7.

Figura 7 - Massa unitária por percentagem de areia fina na mistura

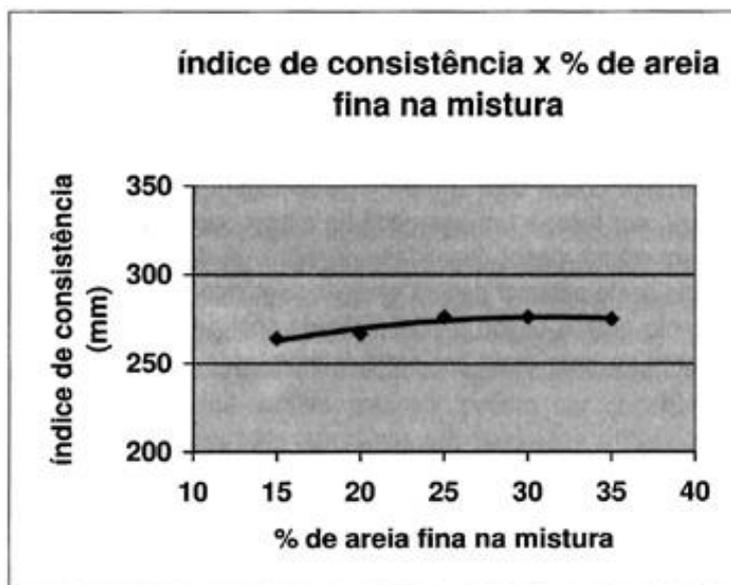


Fonte: Recena (2012, p. 133)

Deste modo, observando o gráfico, a proporção de areia fina é determinada através do patamar em que a massa unitária não sofre alterações significativas na curva, que nesse exemplo é de 40%.

A proporção mais adequada de areia fina na mistura deve ser confirmada, empiricamente, a partir da reprodução de um traço de argamassa de cal e areia, geralmente de 1:3 em massa, onde a areia fina substitui a areia média em percentagens variáveis e crescentes, envolvendo a percentagem teórica. Com as misturas, feitas com a mesma quantidade de água, a proporção ótima de areia fina será aquela que apresentar o maior índice de consistência, medido de acordo com o recomendado pela ABNT NBR 13276:1996, expresso de forma gráfica, como visto no exemplo da Figura 8:

Figura 8 - Índice de consistência de diferentes percentagens de areia fina e areia média

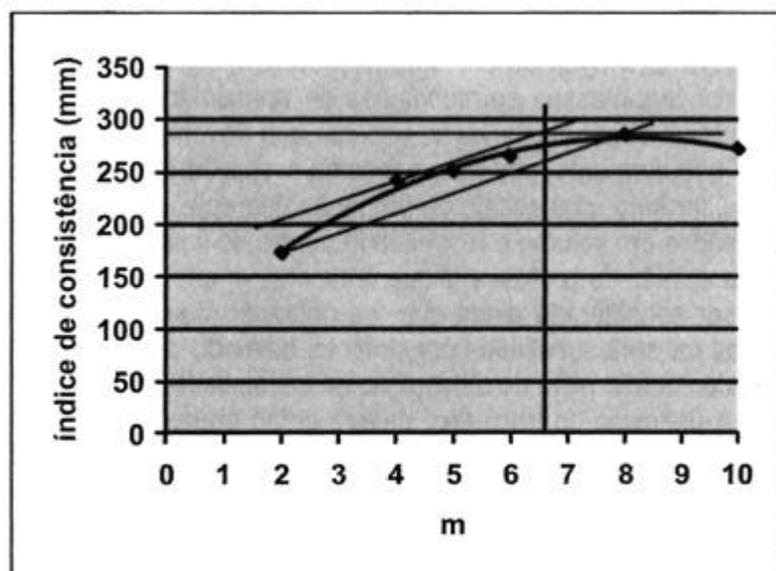


Fonte: Recena (2012, p. 134)

Neste caso, a proporção ótima de areia fina na composição do agregado na mistura foi de 30%.

O passo seguinte visa determinar a proporção entre aglomerante e agregado que conduza à melhor trabalhabilidade. Para tanto, são feitas diversas misturas de cal e areia com as quais é determinado o índice de consistência em analogia à ABNT NBR 13276:1996. Todas as argamassas devem ser preparadas com a mesma quantidade de água de modo que aquela que apresentar o maior índice de consistência será a proporção mais adequada. O relacionamento entre o traço em massa da argamassa e o índice de consistência permite obter o gráfico exposto na Figura 9:

Figura 9 - Índice de consistência dos traços em massa de argamassas de cal e areia



Fonte: Recena (2012, p. 135)

A reta que define o início do patamar no gráfico indicará o melhor índice de consistência, portanto, o melhor traço de cal e areia.

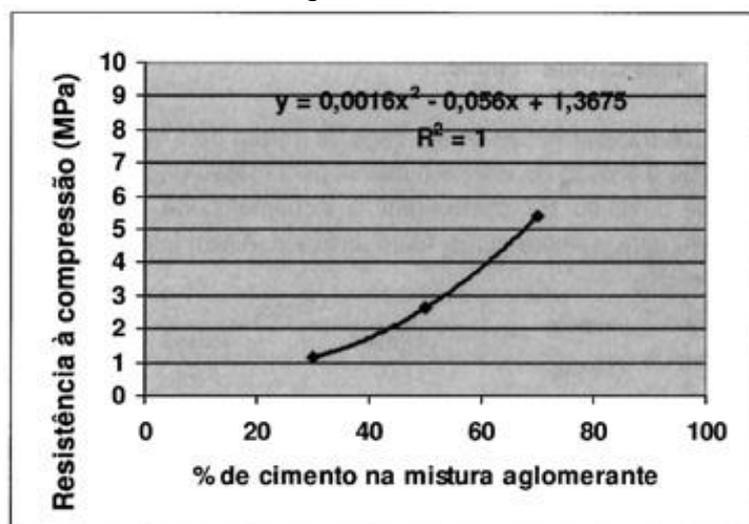
Conhecido o traço de cal e areia, é feita a substituição de cal por cimento Portland em três proporções, levando a três traços diferentes. Devem ser feitos ensaios de aderência com os três traços em painéis-teste para a determinação do melhor proporcionamento e ensaios de resistência à compressão e resistência à tração por compressão diametral aos 7 e 28 dias de idade.

A definição do traço a ser empregado é feita com o auxílio de gráficos que relacionam os parâmetros quantificados nos ensaios realizados apenas com a quantidade de cimento empregada em substituição à cal na preparação de cada uma das argamassas consideradas, já que, para uma mesma trabalhabilidade, a quantidade de água sobre o total de materiais secos não deve variar significativamente (RECENA, 2012).

Conforme a ABNT NBR 13281:2005, a resistência de aderência à tração de uma argamassa ao substrato deverá ser de 0,2 MPa para revestimentos internos com aplicação de pintura e 0,3 MPa, para revestimentos externos ou substrato para assentamento de elementos cerâmicos.

Na figura 10 é apresentado o exemplo de um gráfico obtido através dos ensaios de compressão para os três traços calculados:

Figura 10 - Resistência à compressão por porcentagem de cimento na mistura aglomerante



Fonte: Recena (2012, p.140)

A resistência à tração na argamassa pode ser estimada com certa segurança em 8% da resistência à compressão. Assim, para a obtenção de uma resistência à tração de 0,3 MPa, exigida pela ABNT NBR 13281:2005, deve-se chegar a um valor de 3,75 MPa para a resistência à compressão. Esse valor, se traçado no gráfico da Figura 10, corresponde a uma porcentagem de cimento Portland na mistura aglomerante aproximada que deve ser a utilizada no traço final da argamassa.

O passo seguinte é a transformação do traço de massa para volume por meio da divisão do valor em massa pela massa unitária de cada material, considerando-se o valor do inchamento da areia, já que este sempre apresentará umidade na obra.

Como qualquer método de dosagem, o “Método CIENTEC de Dosagem de Argamassa” está passível de modificações para que seja obtido um material mais próprio para as tarefas propostas. Essas adaptações são significativas, mas nunca devem ir contra o princípio de que o proporcionamento exija a menor quantidade de água possível para garantir a trabalhabilidade desejada com a garantia de atingimento das características físico-mecânicas especificadas.

2.5 Propriedades das argamassas no estado fresco

As propriedades mais relevantes das argamassas estão diretamente relacionadas às suas finalidades ou aplicações na construção, como revestimento

interno ou externo, assentamento de blocos, regularizações, etc. Nesta seção serão discutidas as principais propriedades das argamassas no estado fresco, como trabalhabilidade, retenção de água, consistência, densidade de massa, reologia, adesão inicial e retração.

2.5.1 Trabalhabilidade

Trabalhabilidade é a propriedade das argamassas no estado fresco que determina a facilidade com que elas podem ser misturadas, transportadas, aplicadas, consolidadas e acabadas, em uma condição homogênea (CARASEK, 2010). Ainda, conforme Sabbatini (1998), uma argamassa com boa trabalhabilidade é aquela que se distribui facilmente ao ser assentada preenchendo todas as reentrâncias; agarra à colher de pedreiro; não segrega ao ser transportada; não endurece em contato com o componente de sucção elevada e permanece plástica por tempo suficiente para que os componentes sejam ajustados facilmente no nível e no prumo. Para tanto, depende-se de uma combinação de diversos fatores, que segundo Roman et al. (1999), são: qualidade dos agregados e dos aglomerantes, quantidade de água utilizada na mistura, consistência, capacidade de retenção de água da argamassa, tempo decorrido na preparação da argamassa, adesão, fluidez e massa.

Entretanto, a trabalhabilidade é uma propriedade difícil de se mensurar em laboratório, sendo um parâmetro em que, somente o pedreiro possa reconhecer ao manusear o material com a colher. Bauer (1998) salienta que a avaliação das propriedades é muito incipiente, fazendo uso de procedimentos empíricos que permitem uma avaliação baseada em aspectos de natureza táctil-visual, embasados no conhecimento e experiência dos profissionais envolvidos na avaliação.

A consistência e a plasticidade são apontadas como as principais propriedades que determinam uma condição de trabalhabilidade das argamassas de revestimento. As definições dessas propriedades derivam do documento MR-3 da RILEM (1982), que define:

- **Consistência:** é a propriedade pela qual a argamassa tende a resistir às deformações que lhe são impostas.

- Plasticidade: é a propriedade que permite a argamassa deformar-se sem ruptura, sob a ação de forças superiores às que promovem a sua estabilidade, mantendo a deformação depois de retirado o esforço.

2.5.2 Retenção de água

A retenção de água é a capacidade de uma argamassa de liberar demoradamente a água empregada na sua preparação para o meio ambiente ou para substratos porosos (RECENA, 2012). Ou ainda, por Tristão (1995), é a capacidade da argamassa no estado fresco em manter sua consistência quando submetida a solicitações que provocam perda de água de amassamento por evaporação, sucção ou absorção de uma superfície.

Carasek (2010) observa que a retenção de água é uma propriedade muito importante para argamassas de assentamento, pois logo após sua aplicação em uma fiada de blocos ou tijolos, a argamassa começa a perder água de amassamento por evaporação e pela sucção dos elementos de alvenaria.

A argamassa deverá reter uma quantidade de água afim de regular sua perda por amassamento durante a secagem. Se a argamassa perder água rapidamente ressecará, comprometendo o ajuste dos blocos e, conseqüentemente, prejudicando o nivelamento e o prumo da parede, o que poderá causar uma distribuição não uniforme das cargas pela área resistente dos blocos.

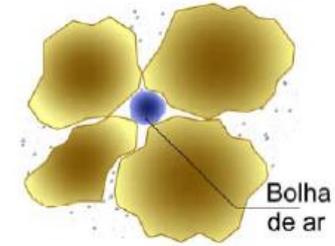
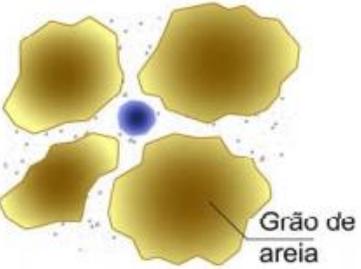
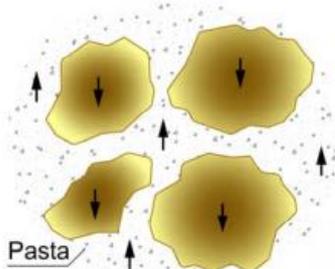
Além disso, a retenção de água influirá na aderência, uma vez que, se aplicada uma argamassa com baixa retenção, a mesma perderá água de amassamento para o bloco abaixo da junta, podendo faltar água (que carrega consigo aglomerantes) para o bloco superior.

2.5.3 Consistência

De acordo com Tristão (1995), consistência é a maior ou menor facilidade da argamassa de deformar-se sob ação de cargas. Os fatores que influenciam essa propriedade podem ser, segundo Cincotto et al. (1995), relação água/aglomerante, relação aglomerante/agregado, granulometria da areia, natureza e qualidade do aglomerante, além da quantidade de água adicionada na argamassa.

Pode ser classificada em seca, plástica ou fluida, dependendo da quantidade de pasta aglomerante existente ao redor dos agregados, como detalhado por Carasek (2010) no Quadro 1.

Quadro 1 - Consistência das argamassas

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

Fonte: Carasek (2010, p. 898)

2.5.4 Densidade de massa

Quanto mais leve for a argamassa, mais trabalhável será a longo prazo, o que reduz o esforço do operário na sua aplicação, resultando numa maior produtividade ao longo da jornada de trabalho (CARASEK, 2010).

O ensaio de densidade de massa e teor de ar incorporado é determinado a partir da massa específica das argamassas, conforme prescreve a NBR 13278:2005. Segundo Freitas (2010), através dos resultados deste ensaio, pode-se revelar que o teor de ar influencia a trabalhabilidade e também nas resistências mecânicas das argamassas. Além disso, o autor observa que o teor de ar incorporado contribui para o impedimento da passagem de água para o interior da argamassa pelo fenômeno da capilaridade, pois as bolhas de ar incorporado podem interromper parte dos poros capilares das argamassas.

2.5.5 Reologia das argamassas

Costa (2006) define reologia como a ciência que estuda o fluxo e a deformação dos materiais quando submetidos a uma determinada tensão ou solicitação mecânica externa.

A deformação de um corpo pode ser dividida em dois tipos, como mostra Machado (2002): deformação espontânea e reversível, conhecida como elasticidade e deformação irreversível, conhecida como fluxo ou escoamento. O autor ainda menciona que o trabalho usado na deformação de um corpo perfeitamente elástico é recuperado quando o corpo retorna ao seu estado original, enquanto que o trabalho usado para manter o escoamento é dissipado como calor e não é mecanicamente recuperado.

O comportamento reológico dos fluidos divide-se em dois grandes grupos: Newtonianos e Não-Newtonianos. De acordo com Rodolpho (2007), os líquidos newtonianos fluem a uma taxa constante proporcional à força. São chamados de fluidos viscosos ideais, por exemplo, a água. Neste caso, a constante de proporcionalidade entre as duas grandezas é a viscosidade absoluta, que varia apenas com mudanças de temperatura e pressão. Já os fluidos não-newtonianos, dividem-se em três classificações, segundo o já referido autor:

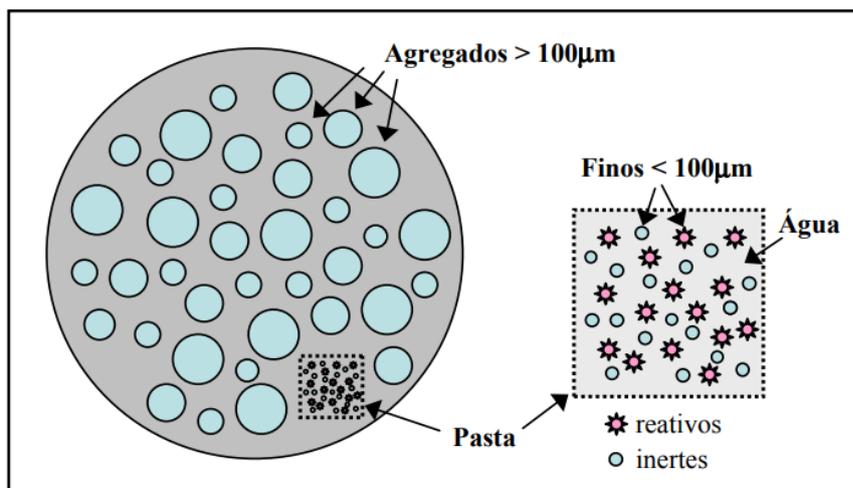
- Independentes do tempo: os quais a taxa de cisalhamento em qualquer ponto é função da tensão naquele ponto: Pseudoplásticos, Dilatantes e Binghamianos ou Viscoplasticos.
- Dependentes do tempo: são aqueles em que a relação entre a tensão aplicada e a taxa de cisalhamento depende do tempo que o fluido é agitado ou permanece em repouso: Tixotrópicos e Reopéticos.
- Viscoelásticos: são os sistemas que apresentam tanto características de sólidos quanto de líquidos e que exibem uma recuperação elástica parcial após a deformação.

Freitas (2010) menciona que o comportamento reológico das argamassas tem sido objeto de estudo, nos últimos anos, por diversos autores (BANFILL, 2005; ENGMANN, J.; SERVAIS, C.; BURBIDGE, A. S., 2005; PAIVA et al., 2006; SENFF et al., 2009), os quais têm atribuído como comportamento reológico das argamassas, o modelo de Bingham, que é caracterizado pela medida de dois parâmetros: elasticidade e viscosidade.

Segundo Castro et al. (2001), os corpos viscoplasticos ou Binghamianos, integram as características dos sólidos e dos fluidos viscosos: apresentam uma deformação permanente após um ciclo de carga e descarga no qual se ultrapassou uma tensão limite (tensão de cedência ou de escoamento) e, além disso, são sensíveis à velocidade de deformação e ao tempo de solicitação. As argamassas no estado fluido (fresco) são suspensões reativas, cuja consistência é modificada ao longo do tempo, sobretudo pela atuação do cimento (HU; LARRARD, 1995).

Conforme Cardoso, Pleggi e John (2005), as argamassas podem ser descritas, de modo simplificado, como suspensões bifásicas concentradas compostas por uma fração “grossa” inerte (areia), com partículas entre 100µm e 2mm aproximadamente e uma pasta reativa de água e “finos”, geralmente, cimento e cal, como mostrado na Figura 11:

Figura 11 - Macro e microestrutura de uma argamassa



Fonte: Cardoso, Pileggi e John (2005, p. 123)

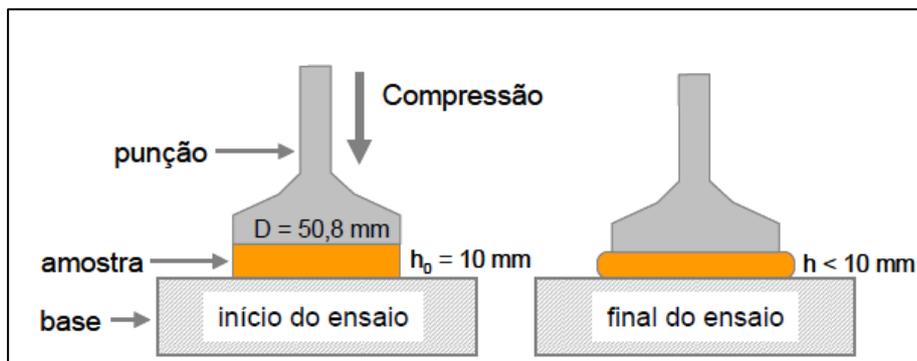
No estado fresco, a argamassa comporta-se como um conjunto de agregados imersos na pasta, a qual assegura a coesão do sistema, além da lubrificação e o espaço disponível para a movimentação dos agregados (COSTA, 2006).

Cardoso, Pileggi e John (2005) alegam que uma argamassa deve apresentar um comportamento pseudoplástico para facilitar espalhamento, nivelamento e acabamento, bem como uma considerável tensão de escoamento para manter-se estável após as etapas citadas.

Existem diversos ensaios capazes de caracterizar o comportamento das argamassas no estado fresco, que avaliam a consistência de acordo com o conceito de trabalhabilidade, tais como a mesa de fluidez, o método do *dropping-ball* e os penetrômetros (CARDOSO, PILEGGI e JOHN, 2005). Mas, de acordo com Costa (2006), apesar da facilidade de execução destes ensaios, apresentam limitações conceituais e não refletem adequadamente o comportamento reológico das argamassas.

Já o ensaio de *Squeeze-flow* (escoamento por compressão axial) é o mais adequado para a caracterização reológica das argamassas no estado fresco, pois suas condições aproximam-se às situações de aplicação na prática em obra (COSTA, 2006). Segundo Antunes (2005), o ensaio consiste em comprimir um corpo de prova cilíndrico de uma suspensão entre duas placas paralelas e pode ser realizado em equipamento do tipo máquina universal de ensaios. A Figura 12 apresenta uma representação esquemática do ensaio.

Figura 12 - Representação esquemática do ensaio reológico de *Squeeze-flow*

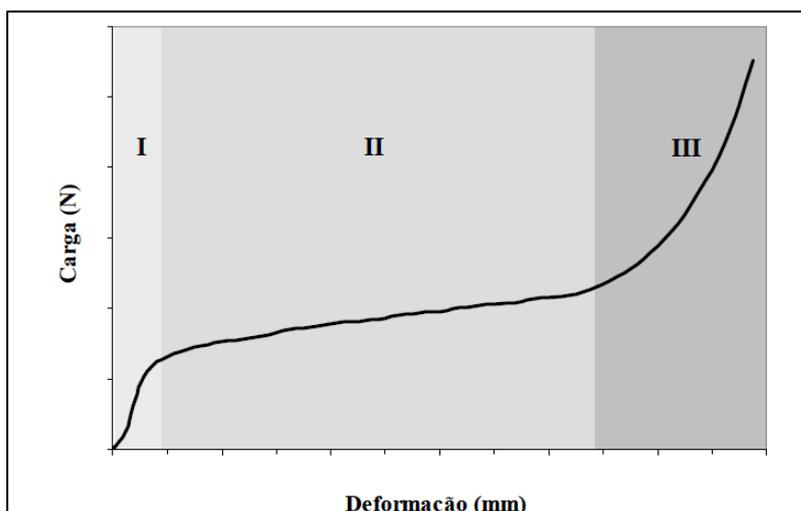


Fonte: Cardoso, Pileggi e John (2005, p. 127)

O método do *Squeeze-flow* permite a realização de diferentes taxas de cisalhamento e magnitude das deformações, procedimentos como compressão simples controlada por deslocamento, oscilação, compressão por força controlada, aplicação de patamares de relaxação que podem ser utilizados para a determinação de diversos parâmetros reológicos e também para simulação de situações práticas (MEETEN, 2000; MEETEN, 2004; ÖSKAN et al., 1999).

O perfil típico obtido de um ensaio de *Squeeze-flow* com controle por deslocamento expresso na forma de carga vs. deslocamento apresenta 3 regiões bem definidas (MIN et al., 1994; CARDOSO et al., 2005), conforme demonstrado na Figura 13.

Figura 13 - Perfil típico de carga vs. deslocamento de um ensaio de *Squeeze-flow* realizado com deslocamento controlado



Fonte: Cardoso, Pileggi e John (2005, p. 129)

No primeiro estágio ocorre a deformação linear elástica e o material comporta-se como um sólido. Uma argamassa que apresente comportamento com uma parcela significativa nesse estágio, possivelmente apresentará problemas de fissuração no estado fresco.

O segundo estágio equivale a deformação radial elongacional e de cisalhamento do material, que flui por deformação plástica ou viscosa. Nessa faixa o material sofre grandes deformações sem um aumento significativo da carga de compressão, o que aparenta ser um comportamento apropriado para aplicação e espalhamento de argamassas.

Já no terceiro estágio, o material é submetido a grandes deformações, podendo ocorrer um aumento expressivo da carga necessária para o seu deslocamento. A aproximação das partículas submetidas a grandes deformações gera forças restritivas ao fluxo devido ao embricamento e entrelaçamento delas. Provavelmente, este é um estágio de comportamento em que procedimentos de aplicação e acabamento do material podem ser dificultados.

2.5.6 Adesão inicial

Conforme Carasek (2010) define, adesão inicial, também denominada de “pegajosidade”, é a capacidade de união inicial de uma argamassa no estado fresco a uma base. Está diretamente relacionada aos aspectos reológicos da pasta aglomerante, especificamente a sua tensão superficial. Ao se garantir um contato interfacial íntimo e adequado, são geradas forças intrínsecas de adesão entre as superfícies que, de acordo com Paes (2004), devem ser fortes e estáveis o suficiente para assegurar que essa interface formada não seja o elo fraco na união dos materiais.

Paes (2004) observa que o contato interfacial adequado é primordial para o desenvolvimento da adesão entre as superfícies a serem unidas. Para isso, deve-se ter um espalhamento apropriado do adesivo na superfície sólida, sem a presença de ar e outros contaminantes.

2.5.7 Retração

A retração é um fenômeno que ocorre pela redução do volume da argamassa devido à perda de água para o substrato por sucção, evaporação ou pela reação química dos componentes do cimento e da cal (SILVA, 2006). Para Bortoluzzo e Libório (1999), a retração hidráulica, muitas vezes, é a principal causa de fenômenos patológicos nas argamassas.

Esse fenômeno acarreta na formação de fissuras na argamassa que, segundo Baía e Sabbatini (2000), permitem a percolação da água pelo revestimento já no estado endurecido, comprometendo a sua estanqueidade à água.

Bastos (2001) classifica os tipos de retração que podem ocorrer, quanto ao estado físico do material:

- Retração plástica: é a retração por perda de água 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. A diminuição do volume do sistema corresponde ao volume de água perdido.
- Retração no estado endurecido: retração que ocorre após a pega do cimento. Quando neste estado é denominada retração por secagem. Depende do tamanho e do tipo de vazios que perde água e da forma como a mesma está ligada às superfícies sólidas da pasta endurecida: se livre, se adsorvida nas paredes internas da sua estrutura, se entre as camadas de silicato de cálcio hidratado (C-S-H) ou se combinada quimicamente. Considera-se que a magnitude da retração total da pasta endurecida depende diretamente do grau de dificuldade encontrado para a remoção da água e das propriedades mecânicas do compósito.

Segundo Bortoluzzo e Libório (1999), os fatores que influenciam na retração são basicamente as condições externas e as características inerentes à própria argamassa.

- Condições externas: perda de água para a base onde é aplicada a argamassa por sucção, que depende do grau de absorção da mesma e as condições climáticas de irradiação solar, temperatura, umidade e vento.
- Características inerentes ao material: granulometria, finura e forma geométrica do agregado, os quais irão determinar a quantidade de água

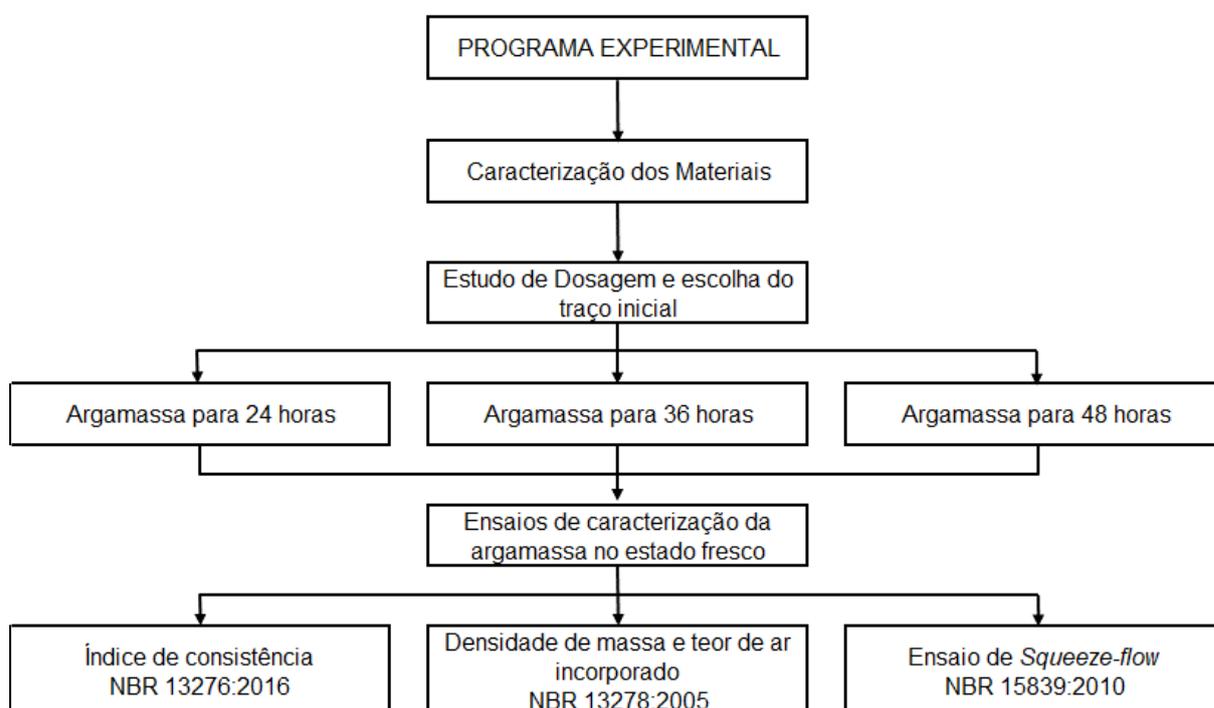
ou pasta aglomerante necessária na dosagem. Quanto maior o teor de água e aglomerantes e menor o teor de agregados, maior será a variação volumétrica durante a retração.

- Capacidade de retenção de água da argamassa: outra propriedade inerente ao material, a qual pode diminuir os efeitos de uma secagem acelerada da argamassa. Com isso, observa-se a importância da cal no processo de retração, sendo ela grande retentora de água. Os aditivos incorporadores de ar também apresentam essa capacidade de retenção de água.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo será apresentado o programa experimental da pesquisa, bem como a caracterização dos materiais utilizados e os métodos de ensaio adotados para o estudo das argamassas estabilizadas no estado fresco. O fluxograma da Figura 14 apresenta o esquema proposto para essa pesquisa e suas etapas.

Figura 14 - Fluxograma do programa experimental



Fonte: elaboração própria

3.1 Materiais

Este tópico apresenta os materiais que foram empregados nos ensaios, assim como suas características. Os materiais utilizados na confecção das argamassas estabilizadas em laboratório foram os seguintes: agregado miúdo natural, água potável, Cimento Portland, aditivo incorporador de ar e aditivo retardador de pega.

3.1.1 Caracterização do agregado miúdo

A areia utilizada nos ensaios é proveniente do Rio Ibicuí, extraída no município de Manoel Viana, RS. A caracterização desse material foi possível através

da determinação da composição granulométrica e da massa específica pelas normas NM 248 (AMN, 2001) e NM 52 (AMN, 2002). O conhecimento do módulo de finura do agregado é de extrema importância para a utilização em argamassas, como observaram Arnold e Kazmierczak (2009), que a medida que o seu valor aumenta, há acréscimo na densidade de massa aparente no estado fresco e, conseqüentemente, diminuição do teor de ar incorporado.

A composição granulométrica do agregado miúdo seguiu as prescrições da NM 248 (AMN, 2001), a partir do ensaio de duas amostras, A1 e A2, indicadas na tabela 4. A coluna % R corresponde a porcentagem retida na peneira, % RA a porcentagem retida acumulada, % Rméd a porcentagem retida média e % RAméd a porcentagem retida acumulada média.

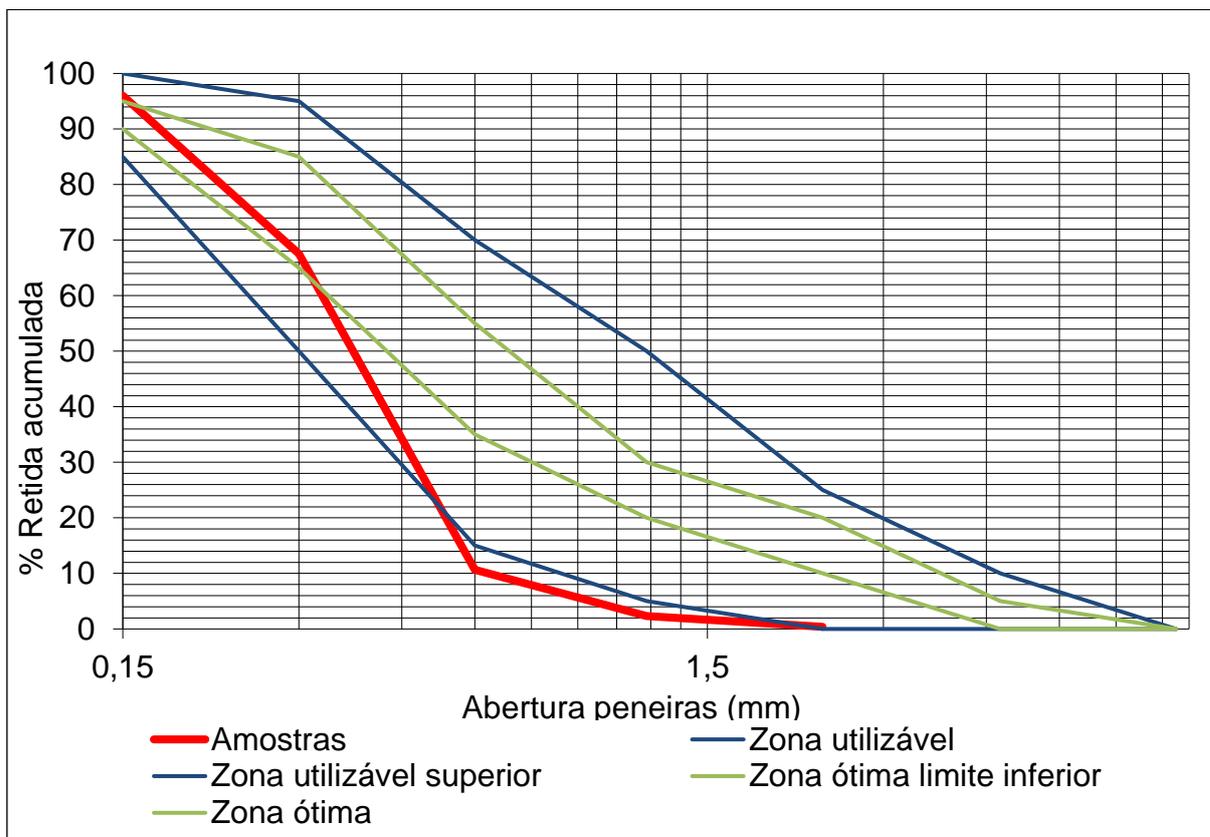
Tabela 4 - Composição granulométrica do agregado miúdo

Peneiras Nº	mm	A1 (g)	% R	% RA	A2 (g)	% R	% RA	% Rméd	
								% Rméd	% RAméd
Nº 8	2,36	1,8	0,36	0,36	2,1	0,42	0,42	0,39	0,39
Nº 16	1,18	11,3	2,26	2,62	8,1	1,62	2,04	1,94	2,33
Nº 30	0,6	45,3	9,06	11,68	38,1	7,61	9,65	8,34	10,67
Nº 50	0,3	283,7	56,74	68,42	285,7	57,08	66,73	56,91	67,58
Nº 100	0,15	138,2	27,64	96,06	146,1	29,19	95,92	28,42	95,99
Fundo	-	19,7	3,94	100	20,4	4,08	100,00	4,01	100,00
Total	-	500	100	-	500,5	100	-	100,00	-
								D máx (mm)	1,18
								Módulo de Finura	1,77

Fonte: elaboração própria

O módulo de finura obtido foi de 1,77, configurando-a como areia de classificação fina, que de acordo com Bauer (2008), encontra-se entre os limites 1,71 e 2,85. A curva granulométrica obtida com as duas amostras do agregado miúdo está ilustrada no Gráfico 1, juntamente representada com os limites especificados pela ABNT NBR 7211:2009.

Gráfico 1 - Curva granulométrica do agregado miúdo



Fonte: elaboração própria

De acordo com o gráfico da curva granulométrica, pode-se observar que o agregado miúdo está próximo da zona utilizável inferior. Mas, nas peneiras com abertura de malha de 1,18mm a 0,6mm, a porcentagem retida acumulada da amostra encontra-se abaixo dos limites recomendados pela ABNT NBR 7211:2009.

A Tabela 5 apresenta os resultados para os ensaios de massa específica unitária pela NM 45 (AMN, 2006) e massa específica pela NBR 9776:1987).

Tabela 5 - Massa específica unitária e massa específica do agregado miúdo

Ensaio	Amostra			Resultado Médio
	1	2	3	
Massa Específica Unitária (g/cm ³)	1,62	1,61	1,62	1,62
Massa Específica (g/cm ³)	2,65	2,65	2,66	2,65

Fonte: elaboração própria

3.1.2 Caracterização do cimento

Foi utilizado o cimento Portland do tipo CP V-ARI, que apresenta alta resistência inicial, utilizado no trabalho de Oliveira (2017). As propriedades químicas do aglomerante estão listadas na Tabela 6 e as propriedades físicas, na Tabela 7. As informações foram disponibilizadas no site do fabricante.

Tabela 6 - Propriedades químicas do cimento

Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Perda ao Fogo	CaO Livre	Resíduo Insolúvel	Equivalente Alcalino
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
4,22	18,62	2,92	60,46	3,72	3,27	3,37	0,58	0,63	0,68

Fonte: Cimento Itambé (2017)

Tabela 7 - Propriedades físicas do cimento

Exp. Quente	Tempo de Pega (h:min)		Cons. Normal	Blaine	# 200	# 325	Resistência à Compressão (MPa)			
	Início	Fim					%	cm ² /g	%	%
0,35	03:23	04:08	29,5	4.470	0,03	0,31	22,4	37,9	44,9	53,6

Fonte: Cimento Itambé (2017)

A massa específica do cimento utilizado foi executada de acordo com a NM 23 (AMN, 2000) e obtido o valor de 3g/cm³.

3.1.3 Aditivos

Foram empregados dois tipos de aditivos para a obtenção da argamassa estabilizada, que são os aditivos estabilizadores ou retardadores de pega e os incorporadores de ar, os quais também foram utilizados em estudos feitos por Temp et al. (2015) e Casali et al. (2011).

3.2 Métodos

Nesta seção serão discutidos os métodos de preparação e ensaios de caracterização da argamassa estabilizada e, também, de algumas propriedades no estado fresco, tais como: índice de consistência, densidade de massa, teor de ar incorporado e comportamento reológico através do ensaio de *Squeeze-flow*.

3.2.1 Preparação das argamassas

A ABNT NBR 13276:2016 descreve os métodos de preparo para argamassas de assentamento e revestimento em laboratório, que regem os demais ensaios executados, os quais foram adotados para a realização dessa pesquisa.

As argamassas foram preparadas em betoneira com capacidade máxima de 150 litros e armazenadas em baldes de material plástico nos quais introduziu-se uma película de água de aproximadamente 5 cm afim de manter suas propriedades no estado fresco durante o tempo proposto de utilização. Este procedimento é recomendado pelas centrais dosadoras que fornecem argamassas estabilizadas no mercado da construção civil.

3.2.2 Índice de consistência (*Flow-table*)

O ensaio foi realizado de acordo com a ABNT NBR 13276:2016, a fim de se determinar o índice de consistência da argamassa a partir do espalhamento da mesma sobre a mesa de abatimento (*Flow-table*), a qual deve subir e cair 30 vezes em 30 segundos, como mostra a Figura 15. Em seguida, foram feitas as medidas do espalhamento da argamassa sobre a mesa de abatimento. O ensaio foi realizado logo após sua confecção e depois do tempo estabelecido de hidratação do cimento, afim de se avaliar a perda de consistência ao longo do tempo.

Figura 15 - Ensaio de índice de consistência (*Flow-table*)



Fonte: acervo do autor

3.2.3 Densidade de massa e teor de ar incorporado

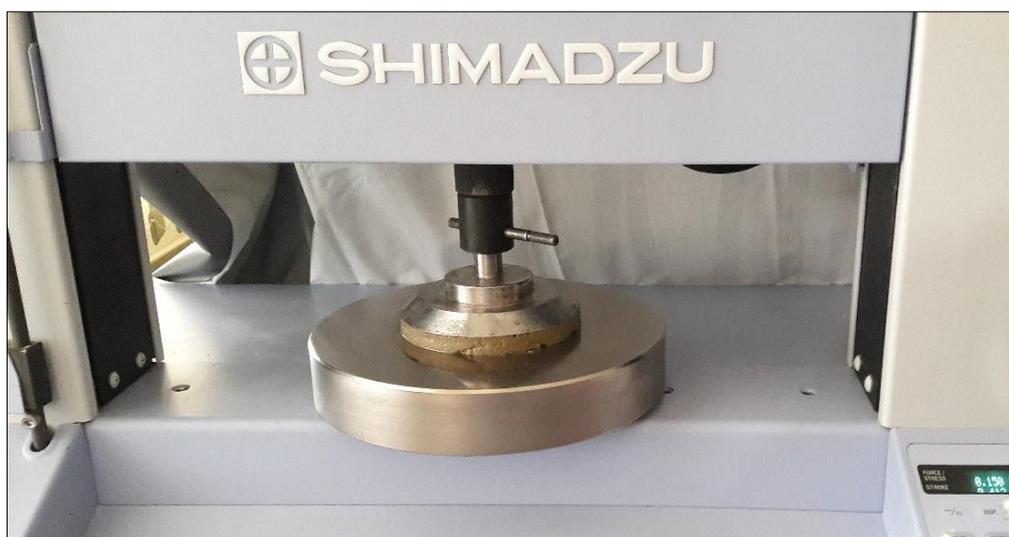
Os procedimentos para a realização do ensaio que determina a densidade de massa e o teor de ar incorporado foram executados conforme a ABNT NBR 13278:2005. A densidade do material é adquirida dividindo-se a sua massa pelo volume de um recipiente cilíndrico e é expressa em quilogramas por metro cúbico. Já o teor de ar incorporado, é obtido através da densidade de massa da argamassa e a densidade de massa teórica da argamassa, expresso em “%”.

3.2.4 Comportamento reológico através do ensaio de *Squeeze-flow*

Entende-se como comportamento reológico o comportamento do fluxo e da deformação da matéria como fluidos e “sólidos moles” (ABNT NBR 15839:2010). A caracterização reológica das argamassas estabilizadas foi feita através do ensaio de

Squeeze-flow, sendo sua execução baseada nas prescrições da ABNT NBR 15839:2010. Para esse ensaio, foi utilizada uma máquina universal de ensaios Classe 1 Shimadzu modelo AGS-X. A máquina efetuou a compressão axial do punção sobre uma amostra cilíndrica de argamassa (Figura 16) de 101 mm de diâmetro por 10 mm de altura sobre uma placa inferior até que a carga atingisse 2000N, medindo o fluxo e a deformação do material. A amostra não confinada preencheu justamente o diâmetro do punção, como apontado por Cardoso, Pileggi e John (2005).

Figura 16 - Execução do ensaio de *Squeeze-flow*



Fonte: acervo do autor

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir serão apresentados os resultados obtidos de acordo com o planejamento experimental, bem como a análise dos dados. A partir destes ensaios, será possível avaliar se a argamassa realmente estabilizou e manteve suas propriedades para as idades propostas.

4.1 Estudo de dosagem e escolha do traço

A escolha do traço utilizado nas diferentes idades de argamassa estabilizada foi baseada em traços comerciais amplamente empregados na construção civil. Também em estudos publicados no Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas (SBTA) e no Congresso Brasileiro do Concreto (Ibracon), tais como Bauer e Oliveira (2017) e Ferrari, Effting e Schackow (2017). As porcentagens de aditivo em massa de cimento estão listadas na Tabela 8, onde IAR corresponde ao aditivo incorporador de ar e AEH ao aditivo estabilizador de hidratação.

Tabela 8 - Porcentagem de aditivo por massa de cimento

	IAR %	AEH %
24h	0,25	0,75
36h	0,25	1,00
48h	0,40	1,85

Fonte: elaboração própria

Na Tabela 9 estão representados os traços em massa adotados para a produção de 20 litros de argamassa estabilizada.

Tabela 9 - Traço em massa para 20 litros de argamassa

	Cimento kg	Areia kg	Água kg	IAR g	AEH g
24h	5,50	37,71	4,95	13,75	41,24
36h	5,50	37,71	4,95	13,75	54,99
48h	5,50	37,71	4,95	21,99	101,72

Fonte: elaboração própria

4.2 Propriedades da argamassa no estado fresco

A seguir serão apresentados os resultados dos ensaios de propriedades da argamassa estabilizada no estado fresco para os três tempos de estabilização propostos.

4.2.1 Índice de consistência (*Flow-table*)

Na Tabela 10 encontram-se os valores obtidos no ensaio de índice de consistência para as argamassas de 24h, 36h e 48h de estabilização. Na coluna Dia 1 estão os valores medidos logo após a confecção da argamassa e na coluna Dia 2, os valores após o tempo estabelecido de hidratação do cimento.

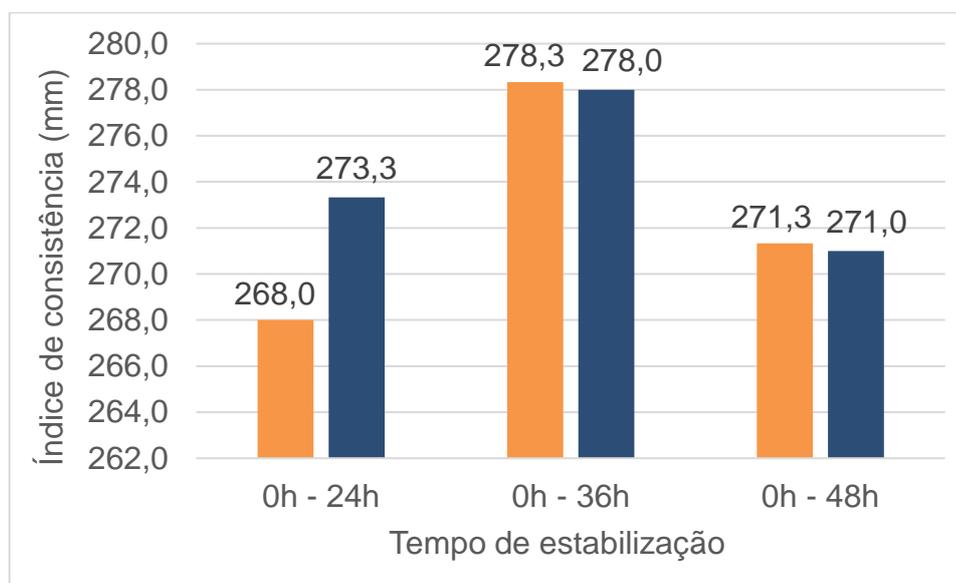
Tabela 10 - Índice de consistência (valores em mm)

	0h	24h	36h	48h
24h	268,0	273,3	-	-
36h	278,3	-	278,0	-
48h	271,3	-	-	271,0

Fonte: elaboração própria

O ensaio de índice de consistência se mostrou pouco sensível para avaliar a trabalhabilidade das argamassas estabilizadas. Ainda assim, pôde-se observar que os valores se mantiveram praticamente constantes, mesmo após o tempo de estabilização proposto, como visto no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Índice de consistência das argamassas estabilizadas



Fonte: elaboração própria

Pode-se observar no Gráfico 2 que a argamassa de 24 horas apresentou um pequeno aumento de 1,98% no índice de consistência, que pode ter ocorrido devido a mistura da água de estabilização ou pela reação tardia do aditivo. Já as argamassas de 36 e 48 horas tiveram uma perda insignificante de consistência ao longo do tempo. De acordo com Trevisol Jr, Portella e Bragança (2015), essa manutenção é conferida pela ação do aditivo incorporador de ar e aditivo estabilizador de hidratação, que juntos aumentam a retenção de água da argamassa fazendo com que a mesma mantenha por mais tempo a sua consistência em ponto para aplicação.

De maneira geral, pode-se afirmar que este comportamento do índice de consistência não influenciaria negativamente a trabalhabilidade da argamassa em obra, mesmo de um dia para o outro.

4.2.2 Densidade de massa e teor de ar incorporado

Os dados da densidade de massa, obtidos após a idade proposta de estabilização das argamassas, estão representados no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Densidade de massa (d)



Fonte: elaboração própria

A densidade de massa das argamassas teve baixa variação nos valores, com média de $1798,15\text{kg/m}^3$, mas é notável que a argamassa de 36 horas apresentou o maior valor, com $1864,12\text{kg/m}^3$. Nota-se, também, que as argamassas de 24 e 36 horas de estabilização tiveram os maiores valores de densidade de massa, possivelmente devido a dosagem destas ter levado 0,25% de aditivo incorporador de ar por massa de cimento, uma vez que a argamassa de 48 horas, foi dosada com 0,40% desse aditivo.

A ABNT NBR 13281:2005 fornece uma classificação para as argamassas de assentamento e revestimento. Com isso, as argamassas de 24 e 48 horas podem ser enquadradas na categoria D4, onde encontram-se valores de densidade entre 1600 e 2000kg/m^3 , enquanto a argamassa de 36 horas, como D5, entre os valores de 1800 e 2200kg/m^3 .

O método se mostrou eficiente na medição da densidade de massa, porém, se faz necessário um estudo mais aprofundado ao longo do tempo de estabilização das argamassas estabilizadas.

A densidade de massa é inversamente proporcional ao teor de ar incorporado, ou seja, quanto mais densa a argamassa, menor o ar incorporado na mistura, como pode ser observado na Tabela 11.

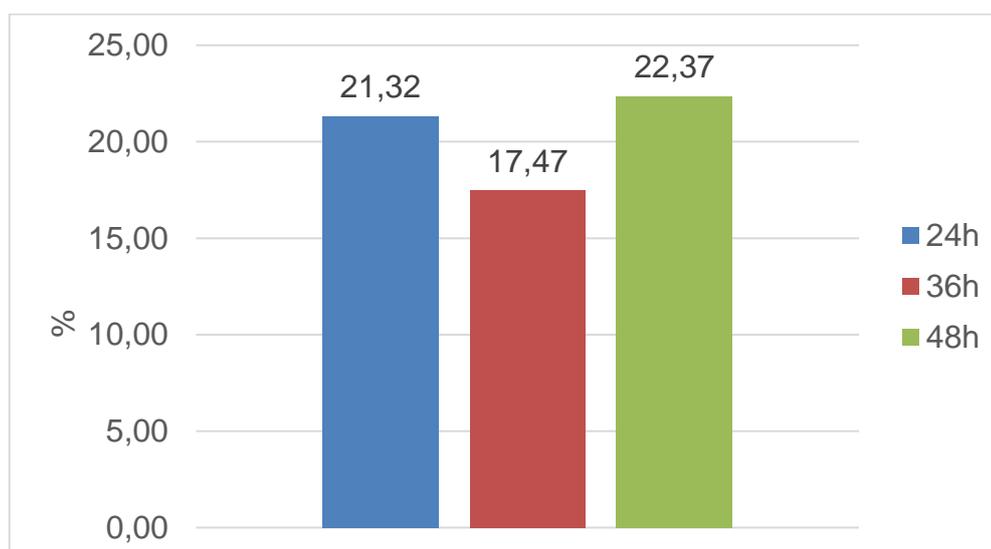
Tabela 11 - Relação entre densidade de massa e teor de ar incorporado

Argamassa	Densidade de massa (d) kg/m ³	Teor de ar incorporado (A) %
24h	1777,04	21,32
36h	1864,12	17,47
48h	1753,30	22,37

Fonte: elaboração própria

A seguir, estão representados no Gráfico 4 os valores do teor de ar incorporado nas argamassas estabilizadas, medidos após a idade proposta de estabilização.

Gráfico 4 - Teor de ar incorporado (A)



Fonte: elaboração própria

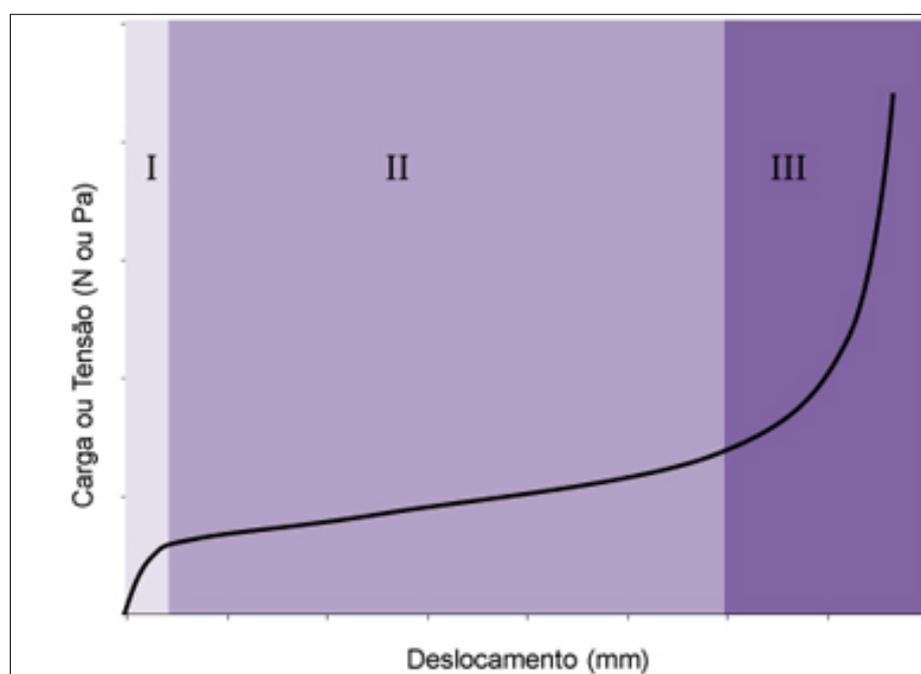
Comparando as argamassas de 24 e 36 horas, que possuem a mesma proporção, diferindo apenas na quantidade de aditivo estabilizador de hidratação, é possível observar uma pequena queda no teor de ar incorporado de 3,85%. Isso pode ter ocorrido devido a diferença de tempo em que os ensaios foram realizados após a mistura, que entre essas argamassas, foi de 12 horas. Já a argamassa de 48 horas apresentou o maior teor de ar incorporado, com 22,37%.

Os valores encontrados no teor de ar incorporado foram semelhantes aos utilizados pelas centrais dosadoras, levando a crer que a dosagem dos aditivos tenha sido condizente com a das argamassas estabilizadas comercializadas.

4.2.3 Comportamento reológico através do ensaio de *Squeeze-flow*

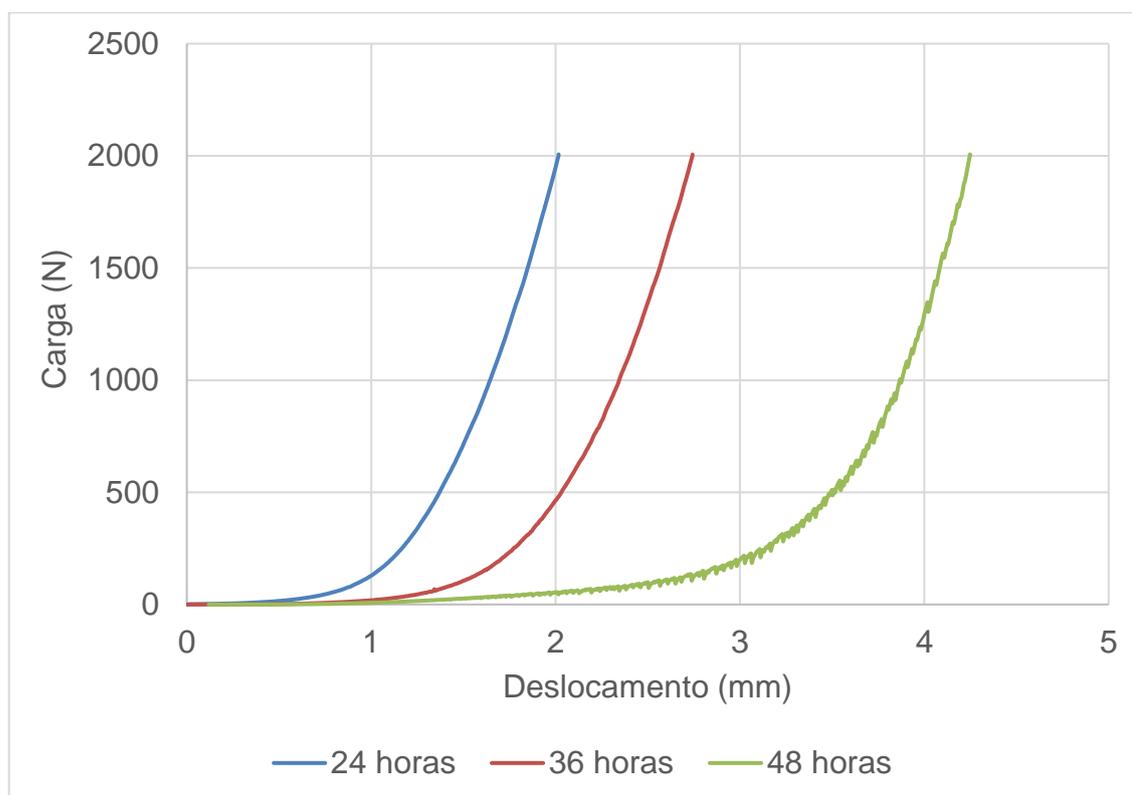
Os ensaios de caracterização reológica das argamassas estabilizadas foram executados após o tempo proposto que cada uma pudesse manter suas propriedades no estado fresco. O perfil típico obtido de um ensaio de *Squeeze-flow* com controle de deslocamento pode ser visto na Figura 17.

Figura 17 - Perfil típico de Carga *versus* Deslocamento de um ensaio de *Squeeze-flow*



Fonte: Cardoso (2009, p. 24)

No Gráfico 5 estão representadas as curvas de Carga *versus* Deslocamento geradas pelo ensaio de *Squeeze-flow* com controle de deslocamento.

Gráfico 5 - Ensaio de *Squeeze-flow*

Fonte: elaboração própria

Comparando-se os perfis das curvas das argamassas estabilizadas com o comportamento típico ilustrado na Figura 17, pode-se inferir que o primeiro estágio é inexistente, o qual compreende a deformação linear elástica. Isso implica que as argamassas não se comportaram como um sólido elástico logo no início da aplicação da carga, apresentando uma tensão de escoamento praticamente nula.

Já o segundo estágio da Figura 17 foi observado na curva da argamassa de 48 horas e, ainda que de forma não muito expressiva, para as idades de 24 e 36 horas. Segundo Grandes et al (2017), no segundo estágio há o fluxo viscoso ou deformação plástica, em que o material pode sofrer grandes deformações sem o aumento expressivo da carga. É o comportamento mais apropriado para a aplicação da argamassa. Esse comportamento fica claro na argamassa de 48 horas, que possui elevado teor de ar incorporado. Nas argamassas de 24 e 36 horas, esse estágio é menor, levando a crer que essas argamassas são mais rígidas.

No terceiro estágio há o enrijecimento por deformação, onde predominam forças restritivas relacionadas ao embricamento de partículas. Este estágio fica bem evidenciado nas três argamassas ensaiadas. Na argamassa de 24 horas, este

comportamento inicia em torno dos 0,5mm, na de 36 horas em 1mm e na argamassa de 48 horas, a carga aumenta consideravelmente por volta dos 3mm de deslocamento. A partir daí, ocorre um rápido enrijecimento por deformação. A fase líquida da argamassa é expulsa para as bordas da amostra e as macropartículas estão em contato direto umas com as outras, evidenciando a segregação dos materiais da amostra.

Assim, as argamassas ensaiadas apresentaram comportamentos predominantemente plásticos, devido ao teor de ar incorporado ser considerável. As bolhas de ar aumentam o volume da pasta e reduzem sua resistência, o que facilita o fluxo e o escorregamento da própria pasta.

Com isso, pode-se afirmar que as argamassas estabilizadas apresentaram escoamento fluido, mesmo após o tempo de estabilização. Este comportamento poderia acarretar em descolamentos no momento da aplicação no substrato.

O ensaio de reologia por *Squeeze-flow* se mostrou o mais sensível dos executados, podendo avaliar, de forma indireta, as etapas de aplicação da argamassa na obra.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou avaliar o comportamento de argamassas estabilizadas no estado fresco no tempo proposto em que pudessem manter a consistência e a trabalhabilidade. As idades adotadas foram de 24, 36 e 48 horas, já que são comumente fornecidas no mercado da construção civil. Foram feitos ensaios de índice de consistência, densidade de massa e teor de ar incorporado e o ensaio reológico de *Squeeze-flow*. Além disso, foi feito um estudo de dosagem para que as argamassas estabilizadas ensaiadas fossem compatíveis com as fornecidas pelas centrais dosadoras.

O ensaio de índice de consistência não se mostrou sensível na avaliação das argamassas estabilizadas, fornecendo parâmetros vagos. A partir de seus dados, as argamassas mostraram uma insignificante queda no índice de consistência da hora do preparo até a idade proposta, ainda que fosse possível notar visualmente partes em que o cimento já apresentava sinais de hidratação na camada superior em que a argamassa foi condicionada.

O ensaio de densidade de massa forneceu dados relevantes a pesquisa, já que foi possível observar a influência do aditivo incorporador de ar na mistura. O acréscimo desse aditivo resulta em um maior teor de ar incorporado e, conseqüentemente, menor densidade de massa. Os valores médios encontrados para a densidade e o teor de ar incorporado foram $1798,15\text{kg/m}^3$ e 20,39%, respectivamente, podendo enquadrá-las na categoria D4.

A técnica de avaliação do comportamento reológico das argamassas estabilizadas por *Squeeze-flow* mostrou-se sensível e versátil, uma vez que seus dados não são apenas valores medidos, mas sim, um perfil do comportamento de acordo com as cargas impostas. Analisando os gráficos gerados pelo ensaio, foi possível visualizar a influência do tempo de armazenamento das argamassas estabilizadas. As argamassas de 24 e 36 horas apresentaram, no gráfico, um curto patamar considerado apropriado para a aplicação no substrato. No entanto, a argamassa de 48 horas mostrou-se com esse patamar por mais tempo. Isso evidencia a influência do aditivo estabilizador de hidratação, que tem poder de retardar a pega do cimento na argamassa.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Realizar o ensaio de índice de consistência após as idades propostas, afim de se verificar até que ponto a argamassa, de fato, perde consistência;
- Efetuar os ensaios de densidade de massa e teor de ar incorporado e *Squeeze-flow* em 0h e no decorrer do tempo;
- Fazer os ensaios de retenção de água e tempo de início de pega em argamassas estabilizadas;
- Avaliar as propriedades de uma argamassa estabilizada fornecida por central dosadora.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

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

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

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

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

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

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

_____. **NBR 15839**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Caracterização reológica pelo método *squeeze-flow*. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 16541**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – preparo da mistura para a realização de ensaios. Rio de Janeiro, 2016.

ANDREWS, H. **Mortar for brickwork, block construction and masonry**. London HMSO-Building Research Station, 1950. (National Building Studies Bulletin 8).

ANTUNES, R. P. N. **Influência da reologia e da energia de impacto na resistência de aderência de revestimentos de argamassa**. 2005. 162 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ARNOLD, D. C. M.; KAZMIERCZAK, C. S. **Influência da distribuição granulométrica do agregado miúdo e do teor de fíler nas propriedades de argamassas com areia de britagem**. VIII Simpósio Brasileiro de Tecnologia em Argamassas. Curitiba – PR. 2009.

ASOCIACIÓN MERCOSUR DE NORMALIZACIÓN (AMN). **NM 23: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica**. São Paulo, 2000.

_____. **NM45: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. São Paulo, 2006.

_____. **NM 52: Agregado miúdo – Determinação de massa específica e massa específica aparente**. São Paulo, 2002.

_____. **NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica**. São Paulo, 2001.

BAÍA, L. L.; SABBATINI, F. H. **Projeto e execução de revestimento de argamassa**. Coleção primeiros passos da qualidade no canteiro de obras. 1. Ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2000. 82 p.

BANFILL, P. F. G. **The Rheology of Fresh Mortar – A Review**. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, VI. Florianópolis: Anais, 2005. P. 73-82.

BASTOS, P. K. X. **Retração e desenvolvimento de retração em propriedades mecânicas de argamassas mistas de revestimento**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

BAUER, E. **Dosagem de Argamassas**. Relatório Técnico. Laboratório de Ensaio de Materiais, Universidade de Brasília, Brasília, 1998.

BAUER, E. **Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades**. Brasília: LEM-UnB/Sinduscon-DF, 2005.

BAUER, E.; FEITOSA, C. P.; RODRIGUES FILHO, H.; ALMEIDA, P. O. **Análise comparativa dos requisitos e do desempenho de argamassas de revestimento empregadas em obras do Distrito Federal**. In: X Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 2013. X Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2013.

BLOG Pra Construir: **Argamassas: o que são e quais os tipos?** 2017. Disponível em: <<http://blogpraconstruir.com.br/etapas-da-construcao/argamassas/>> Acesso em: 07 jun. de 2018.

BORTOLUZZO, C. W.; LIBORIO, J. B. L. **Determinação das tensões devido retração impedida em argamassas de revestimento.** In: III Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 1999, Vitória - ES. III Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 1999.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **Code of practice for walling: brick and block masonry.** London, 1973. (CP-121; parte 1).

CALÇADA, L. M. L.; PEREIRA, L.; SOUZA, R. A.; OLIVEIRA, A. L.; CASALI, J. M. **Influência das características do molde e da superfície de contato nas propriedades da argamassa estabilizada.** In: X Simpósio Brasileiro de Argamassas, 2013, Fortaleza. X Simpósio Brasileiro de Argamassas, 2013.

CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIA, G.C. (Org.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** São Paulo: IBRACON, 2010. p. 885-936.

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

CARDOSO, F. A.; PILEGGI, R. G.; JOHN, V. M. **Caracterização reológica de argamassas pelo método de Squeeze flow.** In: VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 2005, Florianópolis. VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 2005.

CASALI, J. M.; MANN NETO, A.; ANDRADE, D. A.; ARRIAGADA, N. T. **Avaliação das propriedades do estado fresco e endurecido da argamassa estabilizada para assentamento e revestimento.** In: IX Simpósio Brasileiro de Argamassas, 2011, Minas Gerais. IX Simpósio Brasileiro de Argamassas, 2011.

CASTRO, A. G.; COVAS, J. A.; DIOGO, A. C. **Reologia e Suas Aplicações Industriais.** São Paulo: PIAGET, 2001.

CIMENTO ITAMBÉ. **Relatório de ensaio**. Cimento Itambé, 2017. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/relatorios-de-ensaio/?pro=371&chave=2017-6>> Acesso em: 10 de jun. de 2018.

CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CASCUDO, H. C. **Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio**. Boletim 68 IPT. São Paulo, 11p. 1995.

COSTA, M. R. M. M. **Análise comparativa de argamassas colantes de mercado através de parâmetros reológicos**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

COUTINHO, S. M.; PRETTI, S. M.; TRISTÃO, F. A. **Teoria e Prática na Engenharia Civil. Argamassa preparada em obra x argamassa industrializada para assentamento de blocos de vedação: Análise do uso em Vitória-ES**. Vitória, n. 21, p. 41-48, maio, 2013.

DAVISON, J.I. **Masonry mortar**. Ottawa, National Research Council of Canada, 1974. (Canadian Building Digest-163).

ENGMANN, J.; SERVAIS, C.; BURBIDGE, A.S. **Squeeze flow theory and applications to rheometry: A review**. Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics, n. 132, p. 1-27, 2005.

EUROPEAN MORTAR INDUSTRY ORGANIZATION – EMO. **History**. Disponível em: <<http://www.euromortar.com>>. Acesso em: 13 nov. 2006.

FIORITO, A. J. S. I. **Manual de Argamassas e Revestimentos: estudos e procedimentos de execução**. 2. ed. São Paulo: PINI, 2009.

FREITAS, C. **Argamassas de revestimento com agregados miúdos de britagem da região metropolitana de Curitiba: propriedades no estado fresco e endurecido**. Dissertação (Curso de Pós-Graduação em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Mestre em Construção Civil. Curitiba, Paraná, 2010.

GOMES, A. O.; NEVES, C. M. M. **Proposta de método de dosagem racional de argamassas contendo argilominerais**. In: III Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, Brasília, 2001. III Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 2001.

GRANDES, F. A.; SAKANO, V. K.; CARDOSO, F. A.; REGO, A. C. A.; PILEGGI, R. G. **Técnica para avaliação da distribuição de pressão em argamassas durante o Squeeze Flow: Influência do aditivo retentor de água.** In: XII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, São Paulo, 2017. XII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2017.

HU, C.; LARRARD, F. **Rheological testing and modelling of fresh high performance concrete.** Materials and Structures, v. 28, 1995. p. 1-7.

LARA, D.; NASCIMENTO, O.; MACEDO, A.; GALLO, G.; PEREIRA, L.; POTY, E.. **Dosagem das argamassas.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, I., 1995, Goiânia. Anais... Goiânia: ANTAC, 1995. p. 63-72.

MACHADO, J. C. V. **Reologia e escoamento de fluidos: ênfase na indústria do petróleo.** Interferência. Rio de Janeiro. 2002. 257p.
MACIOSKI, G.; COSTA, M. M. C.; CASALI, J. M. **Caracterização de argamassas estabilizadas submetidas à sucção de substrato poroso.** In: XI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 2015, Porto Alegre. XI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 2015.

MACIOSKI, G.; KUSZKOWSKI, H.; COSTA, M. R. M. M.; CASALI, J. M. **Avaliação de propriedades no estado fresco e endurecido de argamassas estabilizadas.** In: X Simpósio Brasileiro de Argamassas, 2013, Fortaleza. X Simpósio Brasileiro de Argamassas, 2013.

MARCONDES, G. C. **Peso, massa ou densidade?** Pet Engenharia UFJF, 2011. Disponível em: <<https://petcivilufjf.wordpress.com/tag/densidade/>> Acesso em: 9 jun. de 2018.

MARCONDES, C. G. **Características e Benefícios da argamassa estabilizada.** Cimento Itambé, 2009. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/caracteristicas-e-beneficios-da-argamassa-estabilizada/>> Acesso em: 17 out. 2017.

MARTINS NETO, A. A. A.; DJANIKIAN, J. G. **Aspectos de desempenho da argamassa dosada em central.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo, série BT/PCC/235, 25p., 1999.

MEETEN, G. H. **Squeeze flow of soft solids between rough surfaces.** Rheological Acta, v. 43, p. 6-16. 2004.

MIN, B. H.; ERWIN, L.; JENNINGS, H. M.; **Rheological behavior of fresh cement paste as measured by Squeeze flow**. Journal of Material Science, v. 29, p. 1374-1381, 1994.

MOURA, C.B. **Aderência de Revestimentos Externos de Argamassa em Substratos de Concreto: Influência das Condições de Temperatura e Ventilação na Cura do Chapisco**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

MÜLLER, S. **Como assentar cerâmicas – passo a passo**. Projeto de Fatto – Arquitetura e Engenharia. Disponível em: <<http://projetodefatto.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

OLIVEIRA, M. J. D. **Avaliação do tempo de consolidação de argamassas colantes através de métodos reológicos**. 2015. 99 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2015.

OLIVEIRA, V. C. **Estudo comportamental da formulação, dos requisitos e das propriedades das argamassas estabilizadas de revestimento**. 2017. 245 p. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

ÖZKAN, N., OYSU, C., BRISCOE, B.J., AYDIN, I., **Rheological Analysis of Ceramic Pastes**. Journal of The European Ceramic Society, v. 19, p.2883-2891, 1999.

PAES, I. N. L. **Avaliação do transporte de água em revestimentos de argamassa nos momentos iniciais pós-aplicação**. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2004

PAGNUSSAT, D. T.; VIDOR, D.; MASUERO, A. B. **Avaliação de propriedades de argamassas estabilizadas ao longo de seu tempo de utilização**. In: 4^o Congresso Português de Argamassas e ETICS, 2012, Coimbra.

PAIVA, H. et al. **Effects of a water-retaining agent on the rheological behavior of a single-coat render mortar**. Cement and Concrete Research, n. 36, p. 1257 - 1262, 2006.

PANARESE, W.C.; KOSMATKA, S.H.; RANDALL, F.A. **Concrete Masonry Handbook for architects, Engineers, Builders**. Portland Cement Association, 5a ed. Estados Unidos da América, 1991. 219 p.2.

REGATTIERI, C.E.; SILVA, L. L. R. **Ganhos potenciais na utilização da argamassa industrializada**. 2006. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/comunidade/calandra.nsf/0/560FCD07CB7D537483256D49004C0CDA?OpenDocument&pub=T&proj=Novo&can=Argamassas&secao=ArtigosTecnicos>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

RECENA, F. A. P. **Conhecendo Argamassa**, 2ª ed. Porto Alegre: EdiPUCRS, 2012.

RILEM. MR-3. **The Complex Workability – Consistence – Plasticity**. France, 1982.

RODOLPHO, P. M. **Estudo do comportamento do concreto no estado fresco contendo areia britada**. 2007. 155 f. Dissertação em Mestrado – Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

ROMAN, Humberto Ramos; DO NASCIMENTO MUTTI, Cristine; DE ARAÚJO, Hércules Nunes. **Construindo em alvenaria estrutural**. Editora da UFSC, 1999. SABBATINI, F. H. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílicocalcária**. 1984. 298 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

SABBATINI, F. H. **Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria resistente**. 2ª ed. São Paulo: ABCP, 1998.

SANTA Ana Areia e Argamassas. **Argamassa estabilizada**. 2016. Disponível em: <<http://www.santaanaargamassas.com.br/produto>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

SANTOS, M. L. L. O. **Aproveitamento de resíduos minerais na formulação de argamassas para a construção civil**. 2008. 163 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

SCANDAROLI, M. **Dicas de obra**. Maneira correta de assentar blocos de alvenaria. Sindicato dos trabalhadores na construção civil de São Luís – MA, 2015. Disponível em: <<http://www.sindconstrucivilsaoluisma.com.br/paginas/noticia/633/55>>. Acesso em: 19 nov. 2017.

SCHANKOSKI, R. A. **Influência no tipo de argamassa nas propriedades mecânicas de alvenarias estruturais de blocos de concreto de alta resistência**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

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

SCANDAROLI, M. **Obras: certo e errado**. Equipe de Obra, 2015. Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/80/certo-e-errado-338575-1.aspx>> Acesso em: 9 nov. de 2017.

SENN, L. et al. **Mortar composition defined according to rheometer and flow table tests using factorial designed experiments**. Construction and Building Materials, n. 23, p. 3107 - 3111, 2009.

SILVA, N. G. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária**. 2006. 164 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

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

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

TRISTÃO, F. A. **Influência da Composição Granulométrica da Areia nas Propriedades das Argamassas de Revestimento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.