

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**PAULO EMANUEL DANTE PAES CARABALONE**

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE ARGAMASSAS ESTABILIZADAS NO  
ESTADO ENDURECIDO**

**Alegrete  
2017**

**PAULO EMANUEL DANTE PAES CARABALONE**

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE ARGAMASSAS ESTABILIZADAS NO  
ESTADO ENDURECIDO**

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  
2017**

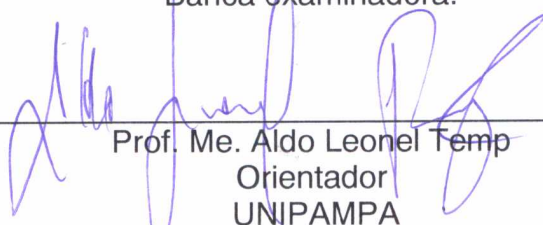
**PAULO EMANUEL DANTE PAES CARABALONE**

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE ARGAMASSAS ESTABILIZADAS NO  
ESTADO ENDURECIDO**

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.

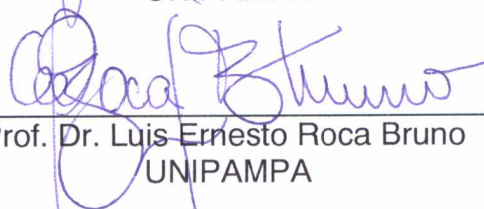
Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 29 de junho de 2018.

Banca examinadora:



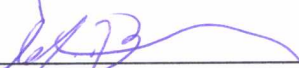
---

Prof. Me. Aldo Leonel Temp  
Orientador  
UNIPAMPA



---

Prof. Dr. Luis Ernesto Roca Bruno  
UNIPAMPA



---

Me. Marcelo de Jesus Dias de Oliveira  
UNIPAMPA

Dedico este trabalho a todos que me auxiliaram nesta longa jornada, família e amigos, professores e técnicos que me incentivaram e me fizeram chegar até aqui.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço à minha mãe, Karia Paes, que esteve sempre ao meu lado me ajudando, incentivando sempre com amor e carinho, me dando um belo exemplo de como ser uma pessoa melhor, sempre me colocando para cima, acreditando em mim e não desistindo jamais de me ajudar a obter sucesso.

Agradeço à minha família, que com certeza foi a base para que eu pudesse estar aqui hoje, com a educação e confiança que sempre tive em toda minha vida.

Agradeço também a todos os meus amigos que perto ou longe sempre me ajudaram e que ficam felizes pela minha felicidade.

Ao meu orientador deste trabalho, professor Me. Aldo Leonel Temp, pela dedicação, auxílio e amizade neste período de faculdade, por acreditar no meu potencial e me fazer seguir em frente.

Ao engenheiro Me. Marcelo de Oliveira por toda a ajuda nos ensaios, orientações e dicas ao longo desta pesquisa.

Agradeço também todos os professores que me auxiliaram nesta longa jornada, que me ensinaram não apenas a ser um engenheiro mas principalmente a ser um profissional melhor e realizado.

## RESUMO

A argamassa é um material utilizado amplamente na construção civil, sendo uma das utilizações a aplicação para revestimento em paredes. A utilização de argamassa estabilizada para revestimento de paredes vem crescendo no país, porém, ainda há falta de especificações técnicas relacionadas à sua utilização. Esta pesquisa realizou ensaios no estado endurecido em argamassas com tempos de estabilização de 24 horas, 36 horas e 48 horas a fim de cumprir seu objetivo, que foi analisar o comportamento das argamassas estabilizadas utilizadas para revestimento externo e interno. Para realizar a pesquisa, variou-se somente o teor de aditivos para verificar a influência dos mesmos na argamassa. Os ensaios realizados foram: Absorção por capilaridade, tração na flexão e compressão. Foi verificado que o coeficiente de capilaridade e a resistência mecânica são inversamente proporcionais e que quanto maior o teor de aditivos, maior o coeficiente de capilaridade e menor é a resistência mecânica. Foi verificado que a argamassa com tempo de estabilização de 24 horas foi considerada adequada para o uso.

Palavras-chave: Argamassa estabilizada, aditivo estabilizador de hidratação, argamassa para revestimento, absorção por capilaridade, resistência à tração na flexão, resistência à compressão.

## **ABSTRACT**

The mortar is a material widely used in civil construction, one of the uses being as mortar coat on walls. The use of stabilized mortar for wall coating has been growing in the country, however, there is still a lack of technical specifications related to its use. This research carried out tests in hardened condition in stabilized mortars with stabilization times of 24 hours, 36 hours and 48 hours in order to fulfill its objective, which was to analyze the behavior of stabilized mortars used for external and internal mortar coating. To perform the research, only the percentage of the additives was changed in order to verify their influence in the mortars. The tests were: capillary absorption, flexural strength and compressive strength. It was verified that the capillary coefficient and mechanical strength are inversely proportional and the higher is the additive, the higher is the capillary coefficient and the lower is the mechanical strength. It was verified that the mortar with stabilization time of 24 hours was considered adequate for the use.

Keywords: Stabilized mortar, hydration stabilizer, mortar for coating, capillary absorption, flexural strength, compressive strength.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estruturas dos tipos de revestimento argamassado.....	18
Figura 2 – Argamassa dosada em obra .....	20
Figura 3 – Argamassa industrializada em saco.....	22
Figura 4 – Argamassa industrializada em silo .....	22
Figura 5 – Argamassa estabilizada sendo entregue na obra .....	25
Figura 6 – Fluxograma do programa experimental.....	29
Figura 7 – Corpos de prova moldados na forma .....	36
Figura 8 – Ensaio de tração na flexão.....	40
Figura 9 – Dispositivo utilizado para ensaio à compressão.....	43
Figura 10 – Corpo de prova ensaiado à compressão.....	43



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AMN – Asociación Mercosur de Normalización

a/c – relação água/cimento

CETA – Centro Tecnológico de Argamassa

CIENTEC – Fundação de Ciência e Tecnologia

cm – centímetro

cm<sup>2</sup> – centímetro quadrado

CP – Corpo de prova

MPa – Megapascal

mm – milímetro

N – Newton

NBR – Norma Brasileira

NM – Norma Mercosur

NUTEA – Núcleo de Tecnologia das Argamassas e Revestimentos

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Objetivos .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1.1 Objetivo geral .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2 Justificativa.....</b>	<b>14</b>
<b>2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Funcionalidade das argamassas .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Classificação das argamassas.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.1 Argamassa de assentamento.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2.2 Argamassa de revestimento.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3 Tipos de argamassas .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3.1 Argamassas dosadas em obra.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3.2 Argamassas industrializadas .....</b>	<b>20</b>
<b>2.3.3 Argamassas estabilizadas.....</b>	<b>23</b>
<b>2.4 Propriedades das argamassas no estado endurecido.....</b>	<b>25</b>
<b>2.4.1 Retração .....</b>	<b>25</b>
<b>2.4.2 Aderência .....</b>	<b>26</b>
<b>2.4.3 Resistência mecânica .....</b>	<b>27</b>
<b>2.4.4 Baixa permeabilidade à água .....</b>	<b>28</b>
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1 Programa experimental.....</b>	<b>29</b>
<b>3.2 Materiais.....</b>	<b>30</b>
<b>3.2.1 Agregado miúdo .....</b>	<b>30</b>
<b>3.2.2 Cimento Portland .....</b>	<b>32</b>

<b>3.2.3 Aditivos .....</b>	<b>33</b>
<b>3.3 Métodos.....</b>	<b>33</b>
<b>3.3.1 Preparação das argamassas .....</b>	<b>33</b>
<b>3.3.2 Ensaio de absorção por capilaridade .....</b>	<b>33</b>
<b>3.3.3 Ensaio de tração na flexão .....</b>	<b>33</b>
<b>3.3.4 Ensaio de resistência à compressão axial .....</b>	<b>34</b>
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>
<b>4.1 Traço escolhido.....</b>	<b>35</b>
<b>4.2 Moldagem dos corpos de prova .....</b>	<b>35</b>
<b>4.3 Resultados .....</b>	<b>36</b>
<b>4.3.1 Determinação da absorção por capilaridade .....</b>	<b>36</b>
<b>4.3.2 Determinação da resistência à tração na flexão.....</b>	<b>39</b>
<b>4.3.3 Determinação da resistência à compressão axial.....</b>	<b>42</b>
<b>4.4 Correlação dos resultados .....</b>	<b>45</b>
<b>4.5 Classificação das argamassas.....</b>	<b>47</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>49</b>
<b>5.1 Sugestões para pesquisas futuras .....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>51</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A etapa de revestimento é aquela em que se faz a regularização e acabamento da estrutura. No caso de superfícies verticais (paredes). O revestimento argamassado é o mais tradicional, sendo utilizado na grande maioria das construções residenciais no Brasil, desempenhando funções estéticas e de proteção, especialmente em fachadas, que estão em contato direto com a chuva.

Apesar de ser bastante utilizado, ainda existe uma considerável incidência de falhas e patologias, desperdícios de materiais, mão de obra e tempo, além de custos elevados de produção (BAÍÁ; SABBATINI, 2008, p. 10).

Os revestimentos argamassados sofreram modificações significativas nos últimos anos. Estas modificações vêm de novos materiais, como novos cimentos e agregados artificiais, novos materiais finais, como argamassas industrializadas, e por novos processos de execução, como argamassas projetadas (BAUER et al., 2005).

Por muito tempo as argamassas eram compostas de cal e areia, portanto, a qualidade da argamassa variava de acordo com a cal e do traço. Tal argamassa trouxe diversos problemas, como falta de aderência, elevada formação de fissuras e outras patologias, conseqüentemente despertou o interesse pelo estudo de alternativas, levando à industrialização da argamassa.

A industrialização da argamassa começou em meados dos anos 50, porém, foi nos anos 70 que introduziram na Alemanha uma argamassa capaz de manter suas características de uso por mais dias através do uso de aditivos (MACIOSKI et al., 2013).

Os aditivos são substâncias capazes de alterar as características da argamassa, seja para modificar o tempo de pega, plasticidade e teor de ar incorporado. Os primeiros aditivos a se ter notícia foram usados pelos romanos e incas em suas construções, eles usavam sangue e clara de ovos. No Brasil, era utilizado óleo de baleia na argamassa de assentamento para plastificá-la. No entanto, o desenvolvimento dos aditivos como conhecemos hoje veio com a descoberta do cimento Portland (OTTO BAUMGART, 1999).

No início do século XX vieram diversos aditivos muito utilizados hoje, como impermeabilizantes, aceleradores e retardadores. Desde então, a tecnologia dos aditivos tem se desenvolvido juntamente com a construção civil em geral, com soluções inovadoras, práticas e econômicas (OTTO BAUMGART, 1999).

A argamassa estabilizada, objeto deste estudo, é fruto da utilização de aditivos inibidores de hidratação e aditivos incorporadores de ar, que promovem aumento do início de tempo de pega e melhor trabalhabilidade, além da redução da relação água/cimento ( $a/c$ ). Com isto, a argamassa se mantém trabalhável por até 72 horas após ser fabricada (MACIOSKI, 2014).

A argamassa estabilizada vem aumentando seu uso, especialmente em obras maiores, devido ao ganho de produtividade em obra, uma vez que a mesma chega pronta para uso e não há necessidade de posteriores modificações, portanto não há a rotina de preparar a argamassa em obra para posterior uso, o que leva muito tempo.

Entretanto, ainda há poucos estudos em relação a este tipo de argamassa, tanto no Brasil quanto fora, além de não possuir nenhuma normatização para fabricação, o que deixa a critério da fabricante os critérios de controle de qualidade e utilização.

O presente estudo visa analisar o comportamento da argamassa estabilizada no estado endurecido. Pretende-se, assim, contribuir para o avanço desta tecnologia e verificar a reologia das argamassas de revestimento.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

O objetivo geral deste trabalho consiste em realizar uma análise do comportamento no estado endurecido de argamassas estabilizadas utilizadas para revestimento externo e interno da edificação.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Realizar um estudo de dosagem de argamassas estabilizadas de 24, 36 e 48 horas;
- Avaliar a resistência à compressão das argamassas estabilizadas;
- Avaliar a resistência à tração na flexão das argamassas estabilizadas;
- Determinar a absorção de água por capilaridade das argamassas estabilizadas.

## 1.2 Justificativa

A construção civil se aprimora e exige cada vez mais. No Brasil, país com a maior parte das suas construções utilizando cimento Portland, a competitividade faz com que a busca pela melhoria de processos e materiais leve a inovações e adaptações.

A argamassa estabilizada pode ser considerada o material mais inovador em termos de revestimento argamassado. Por mais que não seja um material novo e que muitas indústrias utilizem, há poucos estudos científicos sobre este tipo de argamassa no mundo.

A necessidade de se estudar este material se deve à falta de conhecimento técnico das propriedades, sendo comum somente avaliar o que é relativo a qualquer outra argamassa de revestimento, como as propriedades mecânicas, sem que haja parâmetros específicos de comparação para a argamassa estabilizada.

Espera-se que este estudo contribua para o desenvolvimento científico da argamassa estabilizada de forma que no futuro haja o estabelecimento de parâmetros de qualidade normatizados, que possam garantir a eficiência e o desempenho do material.

## **2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Funcionalidade das argamassas**

Recena (2012) diz que qualquer material empregado de maneira isolada ou em um sistema deve desempenhar funções específicas em uma edificação, inclusive garantir o efeito estático. As argamassas devem ser consideradas como parte de um sistema e não um material isolado, considerando que a mesma interage com o substrato e com o ambiente. Para a argamassa de revestimento, pode-se citar como funções:

- Impermeabilizar o substrato;
- Garantir bom acabamento;
- Proteger os elementos de vedação;
- Regularizar a superfície;
- Absorver pequenas deformações naturais;
- Contribuir para a estética da fachada.

De acordo com Carasek (2007), as funções de um revestimento argamassado são:

- Proteger a alvenaria e a estrutura contra a ação do intemperismo, no caso dos revestimentos externos;
- Integrar o sistema de vedação dos edifícios, participando dos isolamentos térmico e acústico, sendo estanque à água e protegendo do fogo;
- Regularizar a superfície de vedação e servir como base para pintura ou revestimento cerâmico a fim de contribuir para a estética.

É importante ressaltar que não é função da argamassa amenizar imperfeições grosseiras da base. É comum em obra possuir um grande desaprumo e tentar esconder no reboco, mas isto não deve ocorrer de forma alguma, pois pode comprometer as funções reais do revestimento.

### **2.2 Classificação das argamassas**

A argamassa é um material proveniente da mistura de aglomerantes com água, no entanto, ao produzir a argamassa, há incorporação de ar (naturalmente ou por uso de aditivos) e o mesmo deve ser considerado tanto no cálculo do volume

quanto no seu rendimento e também na análise reológica, de durabilidade e resistência mecânica (RECENA, 2012).

As argamassas podem ser classificadas de várias maneiras, Recena (2012) classifica quanto à natureza do aglomerante, quanto ao volume de pasta, quanto ao seu emprego e quanto ao teor de aglomerante.

Já Carasek (2007) classifica quanto à natureza do aglomerante, ao tipo de aglomerante, ao número de aglomerantes, à consistência da argamassa, à densidade de massa da argamassa e à forma de preparo ou fornecimento.

A classificação que mais interessa a este trabalho é quanto ao seu emprego, seja argamassa de assentamento ou de revestimento.

### **2.2.1 Argamassa de assentamento**

As argamassas para assentamento tem como funções distribuir as cargas, absorver deformações, solidarizar elementos e impermeabilizar a base. Este tipo de argamassa possui boa capacidade mecânica e aderência.

Esta argamassa é utilizada para elevar paredes de alvenaria. Uma vez que se trata de argamassa utilizada em juntas, ela tem como função transformar a união de alvenaria e argamassa em um elemento monolítico, distribuir as cargas em toda a área resistente do bloco, selar as juntas e evitar entrada de água da chuva, absorver deformações térmicas e retração por secagem (CARASEK, 2007).

Carasek (2007) cita que as funções de uma argamassa de assentamento são:

- Trabalhabilidade
- Aderência
- Resistência Mecânica
- Capacidade de absorver deformações

A argamassa de assentamento ainda pode ser subdividida entre a utilizada somente em vedação e a utilizada estruturalmente, como na alvenaria estrutural, portanto, deve-se ter o cuidado de não utilizar inapropriadamente.



## 2.2.2 Argamassa de revestimento

A argamassa de revestimento é empregada para revestir tanto estruturas de alvenaria quanto de concreto armado. Possui por objetivo regularizar e uniformizar superfícies, corrigindo pequenas irregularidades (RECENA, 2012).

Além disto, no revestimento externo, atua como camada de proteção contra infiltração de água da chuva. A argamassa de revestimento aumenta a durabilidade e vida útil, reduz custos das edificações, auxilia no isolamento da vedação etc.

O revestimento argamassado deve apresentar boa resistência mecânica devido às deformações naturais, aderência ao substrato e contribuir para a impermeabilização. Deve-se haver também o cuidado com o controle de retração, que pode comprometer as funções do mesmo.

O sistema de revestimento argamassado é dividido em três partes, que são chapisco, emboço e reboco.

O chapisco possui finalidade de melhorar a aderência do revestimento ao substrato e uniformizá-lo, é feito com areia média ou grossa, possui traço rico em cimento e é aplicado projetado a uma certa distância, manualmente ou com máquina própria. Com isto, a camada de chapisco permite ao emboço uma boa aderência à base (RECENA, 2012).

O emboço é a segunda camada do revestimento argamassado e é aplicado após a pega do chapisco e da argamassa da alvenaria. O emboço é chamado também de massa grossa, isto porque costuma ter entre 1,5 e 2 cm internamente e entre 3 e 4 cm em fachadas. Esta camada tem como função corrigir pequenas irregularidades, melhorando o acabamento e protegendo-o das intempéries, além de garantir a ancoragem do reboco (EQUIPE DE OBRA, 2013).

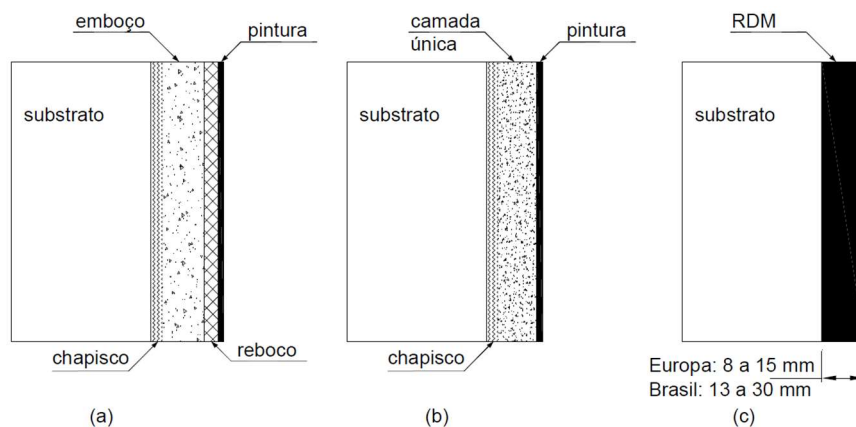
O reboco é a última camada do revestimento argamassado, é chamado de massa fina e comumente possui 0,5 cm de espessura. Esta camada serve para dar o acabamento final à superfície antes de receber a tinta e por isto deve ser feito de maneira a deixar a superfície lisa, utilizando areia fina. Para a aplicação do reboco, é necessário a cura completa do emboço e a colocação das esquadrias. Devido à sua grande importância, é necessário saber dosar o reboco para que não apresente patologias.

A NBR 13749 (ABNT, 2013) estabelece que os limites para espessura total de revestimentos internos e externos (desconsiderando-se o chapisco) são entre 0,5 cm

e 2,0 cm e entre 2,0 cm e 3,0 cm respectivamente. Para revestimentos com espessuras maiores, é necessário tomar cuidados especiais para garantir a aderência do revestimento.

Há também outros dois tipos de camadas de revestimentos, o reboco paulista (também chamado de camada única), que é a junção do emboço e do reboco em uma só camada, e também a monocapa ou monocamada, que é uma argamassa decorativa aplicada diretamente sobre as alvenarias, eliminando as camadas comuns de revestimentos argamassados. Também não se faz necessário utilizar tinta para acabamento estético, já que essa é uma das funções da monocamada (CARASEK, 2007). A figura 1 a seguir mostra os três tipos de revestimentos citados.

Figura 1 – Estruturas dos tipos de revestimento argamassado



Fonte: Carasek (2007, p. 870)

- a) Estrutura convencional com chapisco, emboço, reboco e pintura
- b) Reboco paulista com chapisco, reboco e pintura
- c) Revestimento monocamada

### 2.3 Tipos de argamassas

A produção da argamassa vem evoluindo, como esperado. Na construção civil atual, cada vez mais são priorizados elementos industrializados, que reduzem custos de construção e de retrabalho, é neste contexto que ocorreu a evolução.

Os revestimentos argamassados mudaram significativamente nos últimos anos com a criação de novos cimentos, agregados artificiais, novos tipos de argamassas, como as industrializadas e estabilizadas e novas formas de execução,

como projeção mecânica. Essas inovações mudaram parâmetros de referência consagrados às argamassas, boa parte dos problemas atuais possuem relação com a falta de especificação quanto a estes novos materiais, como teor de água e tempo de mistura em argamassa industrializada. (FRANCISCON, 2007).

A forma mais primitiva de produção é a argamassa produzida em obra, com a extinção da cal antes da mistura com areia e cimento. O controle da qualidade dessa argamassa dependia do rigor de quem estava executando, o que demandava bastante tempo e levava a problemas de dosagem e escolha de material. Devido aos problemas, este método foi abolido (RECENA, 2012).

Hoje em dia quando se fala em argamassa dosada em obra, fala-se sobre a produzida a partir da adição do cimento Portland à mistura de cal e areia comprada pronta ou sobre a produzida a partir destes três componentes comprados separadamente. A dosagem da quantidade de material também fica a cargo do executor, uma vez que nem sempre há um projeto de revestimento especificando o traço (RECENA, 2012).

O passo seguinte foi a produção de argamassas industrializadas, já dosadas pela indústria, requerendo somente a adição de água de acordo com as especificações. Estas vem ensacadas e podem conter aditivos e adições, de acordo com a necessidade da obra. Há também a possibilidade de se adquirir argamassa industrializada pronta, sendo que a central envia por meio de caminhão-betoneira ou fornece em silos posicionados na obra. Quando se utiliza silos, o fornecimento da argamassa é feito seco e a mistura é feita no local.

Por fim, chegou-se à argamassa estabilizada, que é um avanço da argamassa industrializada, dosada em uma central com aditivo estabilizador e incorporador de ar. Esta argamassa já chega pronta para uso sem a necessidade de adição de água e se mantém trabalhável por até 72 horas.

### **2.3.1 Argamassas dosadas em obra**

A argamassa dosada em obra é a mais tradicional, preparada no canteiro de obra a partir da mistura de aglomerantes, agregados e água, podendo conter aditivos. Estas argamassas são produzidas a partir de um traço pré-definido de acordo com especificação do engenheiro. Essa dosagem não costuma ser feita de

maneira correta e a produção não possui os cuidados necessários utilizando equipamentos errados (RECENA, 2012).

Podem ser preparadas somente com cimento e areia ou pode ter adição de cal, além de aditivos. É necessário, porém, fazer a dosagem prévia a fim de possuir um bom desempenho. Na figura 2 a seguir temos um exemplo de argamassa dosada em obra.

Figura 2 – Argamassa dosada em obra



Fonte: Revista construção mercado (2009)

### **2.3.2 Argamassas industrializadas**

Argamassas industrializadas são aquelas dosadas pela indústria e que já chegam prontas para uso na obra ou que necessitam somente de adição de água de acordo com especificação do fabricante.

Recena (2012) classifica argamassas industrializadas como aquelas fornecidas em saco, dosadas em massa e produzidas por processos controlados. Este tipo de argamassa tem estocagem simplificada, permitindo distribuir os sacos pelos locais de aplicação, reduzindo o tempo de transporte e permitindo um maior controle quanto ao consumo.

Estas argamassas industrializadas possuem diversos traços e funções específicas, um exemplo a ser citado é a argamassa colante para aplicação de

revestimentos cerâmicos. A argamassa para assentamento de peças cerâmicas, quando dosada, era feita especificamente para este fim, necessitando de grande quantidade de água de amassamento devido ao teor de cimento. Um grande problema existente nisto era que esta água, se não evaporasse antes do rejuntamento, criaria bolhas de pressão e estufaria a cerâmica. Portanto o trabalho era especializado e demandava muito tempo, por isto foram substituídas pelas argamassas colantes, que atuam como uma cola para fixar a cerâmica (RECENA, 2012).

Outro meio de fornecimento da argamassa industrializada seca é por meio de silos, onde uma central dosa o material em massa e envia o silo para a obra. Pode-se utilizar um silo compartimentado ou silos diferentes para cada material. A mistura é feita por um misturador e a argamassa já sai pronta para ser utilizada, havendo somente a necessidade de se transportar para o local adequado ou, se for o caso, o material seco é bombeado até o local de aplicação e lá é misturada com a água a partir de um misturador. O local que estes silos ficam se chama central de preparo (ABCP, 200-).

Já a argamassa transportada em caminhão-betoneira é preparada em central e enviada pronta para aplicação. Este tipo de argamassa elimina a necessidade de central de preparo e estocagem de materiais, porém, por apresentar curto período de aplicação (mesmo quando utiliza-se aditivos), deve-se prever rigorosamente a quantidade a ser utilizada no dia a fim de não haver desperdício. Este sistema é mais utilizado quando necessita-se de grande quantidade de argamassa para ser aplicada em pouco tempo, como contrapisos (ABCP, 200-).

A fim de minimizar os problemas de produção de argamassas dosadas em obra e de aumentar a produtividade, as obras costumam ter argamassa industrializada. As figuras 3 e 4 mostram respectivamente uma argamassa industrializada vendida em saco e uma argamassa industrializada.

Figura 3 – Argamassa industrializada em saco



Fonte: Construpor

Figura 4 – Argamassa industrializada em silo



Fonte: Argamassas contimassa

### 2.3.3 Argamassas estabilizadas

Visando a melhora da produtividade e redução dos problemas encontrados ao se utilizar outros tipos de argamassa, a indústria desenvolveu a argamassa estabilizada. O aditivo incorporador de ar é utilizado para melhorar a trabalhabilidade da argamassa e o aditivo estabilizador é utilizado para manter a argamassa trabalhável por mais tempo, entre 36 e 72 horas de acordo com as empresas.

A argamassa estabilizada chega pronta para uso na obra, sendo fabricada em usina com pouca interferência humana no processo, tendo assim maior qualidade. É uma solução que reduz a mão de obra ao eliminar a mistura de argamassa no canteiro de obras e conseqüentemente torna o local mais limpo, já que não há armazenamento de materiais a não ser da própria argamassa pronta (SCHWINGEL, 2015).

Como a argamassa que chega em um dia só será usada provavelmente no dia seguinte, o operário chega na obra e pode se posicionar em seu local de trabalho com a argamassa pronta para uso.

Matos (2013) salienta que a argamassa estabilizada é dosada, misturada e transportada em caminhões betoneira de forma semelhante ao concreto usinado. Uma vez na obra, a mesma é armazenada em recipientes alocados próximos aos locais de aplicação, não devendo ser exposta a insolação, vento ou outras condições que a façam perder água.

Para evitar a perda de água, é necessário alisar a argamassa e aplicar uma lâmina de 2 cm de água àqueles recipientes que não forem utilizados no momento. Antes de utilizar a argamassa, deve-se retirar a água e misturar superficialmente (BENNTER, 2015?)

Matos (2013) e Dachery (2015) citam como vantagens da utilização de argamassa estabilizada os seguintes fatores:

- Aumento do rendimento, uma vez que não há necessidade de confeccionar argamassa em obra. Este rendimento pode ser de até 35% (SHMID, 2011 apud MATOS, 2013);
- Redução de perdas, já que a argamassa pode ser utilizada por um tempo maior, evitando descarte de material;
- Limpeza da obra, pois não há central de argamassa na obra, não sendo necessário possuir materiais in loco para produção;

- Misturas mais constantes devido ao controle rigoroso na central, que possui dosagem automática e pouca interferência humana;
- Não há responsabilidade de dosagem pelo engenheiro da obra, a mesma fica a cargo da empresa que produz a argamassa;
- Melhor logística na obra, já que a argamassa é alocada próxima ao local de utilização;
- Menor mão de obra, uma vez que não há necessidade de produção in loco de argamassa;
- Possível redução de custos devido ao dimensionamento preciso da utilização de argamassa e de seus materiais.

Como desvantagens, os autores citam:

- Necessidade de planejamento rigoroso do uso diário para evitar déficit de material;
- Aumento do tempo para adquirir rigidez em dias úmidos, levando em consideração que a umidade reduz a perda de água por evaporação (um dos meios de perda de água da argamassa) e que a argamassa precisa perder água para endurecer.

O quadro 1 a seguir traz um comparativo entre vantagens e desvantagens.

Quadro 1 – Comparativo entre vantagens e desvantagens

Vantagens	Desvantagens
Aumento do rendimento	Necessidade de planejamento rigoroso
Redução de perdas	
Limpeza da obra	
Misturas constantes	
Responsabilidade pela dosagem da usina	Aumento do tempo para adquirir rigidez
Maior logística na obra	
Menor mão de obra	
Redução de custos	

Fonte: Próprio autor



A figura 5 a seguir mostra uma central entregando argamassa estabilizada em uma obra.

Figura 5 – Argamassa estabilizada sendo entregue na obra



Fonte: Ricamix

## 2.4 Propriedades das argamassas no estado endurecido

No estado endurecido a argamassa deve apresentar certas, sendo as principais a resistência à tração, resistência à compressão, aderência ao substrato e baixa permeabilidade.

Segundo Carasek (2007), as principais propriedades para uma argamassa de revestimento no estado endurecido são:

- a) Baixa retração
- b) Aderência
- c) Baixa permeabilidade à água
- d) Capacidade de absorver deformações
- e) Resistência mecânica

### 2.4.1 Retração

A retração na argamassa inicia-se no estado fresco e é finalizada no estado endurecido. A retração é associada à variação volumétrica da pasta e é fundamental

que a argamassa seque de maneira lenta a fim de atingir uma resistência mínima de tração para evitar fissuras (CARASEK, 2007).

Quando uma pasta possui alta relação água/aglomerante, tem uma tendência maior a retrair devido ao excesso de água na mistura. Quando adiciona-se areia à pasta, a areia evita parte da retração por secagem e fissuração (ROSELLO, 1976 apud CARASEK, 2007).

Bastos (2001) separa os fatores que influenciam na retração em dois, sendo os extrínsecos e intrínsecos. Como fatores extrínsecos, são citados agentes atmosféricos, tais como radiação solar, temperatura, água da chuva, umidade e vento e também a base de aplicação, que pode absorver água da argamassa e aumentar a retração. Já como fatores intrínsecos, cita-se as características dos agregados e pasta e a espessura do revestimento. Uma granulometria contínua reduz o volume de vazios e conseqüentemente reduz a retração.

Um fator importante mas pouco notado é quanto à utilização de finos na argamassa. Carasek (2007) cita que, de modo geral, materiais pulverulentos influenciam negativamente na retração da argamassa, portanto, quanto maior o teor de finos, maior a retração. Uma exceção é citada tanto por Carasek (2007) quanto por Recena (2012), que é a utilização de cal, a utilização deste material reduz a quantidade de água na argamassa, conseqüentemente reduz a retração.

A capacidade de absorver deformações pode ser englobada na retração, uma vez que uma é complementar à outra. A retração atua criando fissuras e a argamassa deve ter a capacidade de absorver as deformações reduzindo essas fissuras a tamanho microscópico.

Os revestimentos devem apresentar a capacidade de se deformarem sem sofrer ruptura ou microfissuras que afetem a aderência, estanqueidade e durabilidade (SELMO, 1989 apud ARAÚJO, 1995).

#### **2.4.2 Aderência**

A aderência é a capacidade da argamassa se manter aderida ao substrato ainda que sofra esforços estruturais, variação de temperatura ou outras más condições. No revestimento, a resistência potencial de aderência indica a tração

máxima que o mesmo pode suportar quando submetido a um esforço de tração. As normas brasileiras preveem somente um valor mínimo e não um máximo para este parâmetro.

Alguns fatores influenciam na aderência da argamassa ao substrato, como os materiais, a rugosidade e porosidade do substrato, condições ambientais e climáticas e processo de aplicação da argamassa.

O tipo de cimento e suas características podem influenciar os valores de aderência. Um cimento mais fino, por exemplo, induz a uma maior aderência em todas as idades, por isto, o CP V – ARI é o que possui maiores valores de resistência de aderência em comparação aos demais tipos. No entanto, deve-se levar em consideração que a retração é afetada negativamente por um material mais fino. Sendo assim, deve-se otimizar a mistura para que possua boa aderência sem comprometer a argamassa e levá-la à retração (CARASEK, 2007).

A cal, além de reduzir o efeito de retração, também ajuda na resistência de aderência. Isto ocorre devido à sua finura, que ajuda a preencher os vazios e a superfície do substrato. Carasek (2007) defende que uma argamassa considerada ideal deve ser dosada com uma mistura de cimento e cal. Uma adição de apenas 6% de cal em relação à massa seca da argamassa aumenta consideravelmente a resistência de aderência, chegando a elevar em até 60% este valor (CARASEK, 1996 apud CARASEK, 2007).

### **2.4.3 Resistência mecânica**

A resistência mecânica das argamassas é analisada devido à necessidade da argamassa de suportar pequenas movimentações da base, seja por recalque, umidade ou dilatação térmica. Tais solicitações podem provocar fissuras ou falha na aderência entre camadas do revestimento argamassado ou na superfície substrato-revestimento (TRISTÃO, 1995 apud ARAÚJO JR, 2004).

A normalização brasileira, para fins de revestimento, trata da determinação de resistência à compressão de acordo com a NBR 13279 (ABNT, 2005) – Argamassas para assentamento de paredes e revestimentos de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.

Recena (2012) entende que, apesar da pouca importância dada à resistência mecânica de argamassas (especialmente de revestimento), este é um parâmetro de controle de qualidade.

#### **2.4.4 Baixa permeabilidade à água**

A argamassa, por ser um material poroso, possui a capacidade de absorver água. A movimentação de água depende do tamanho e proximidade dos poros, além das condições do local.

A absorção capilar consiste na força de atração dos poros sobre líquidos em contato com sua superfície, na qual a água se movimenta e preenche os poros interligados até um nível máximo, onde não haverá mais pressão suficiente para subir a água a níveis maiores.

Há também absorção de água por parte do substrato. Com isto, uma argamassa que não possua capacidade de reter água por mais tempo poderá ter graves consequências com a retração. A interface substrato-revestimento, por ser bastante irregular de modo a garantir ancoragem, possui potencialidade para absorver esta água.

Devido a esta absorção pelo substrato, é necessário verificar se a argamassa possui capacidade de retenção de água. Caso não seja suficiente, a argamassa poderá não formar uma estrutura resistente o suficiente para garantir seu desempenho, especialmente a aderência (RECENA, 2012).

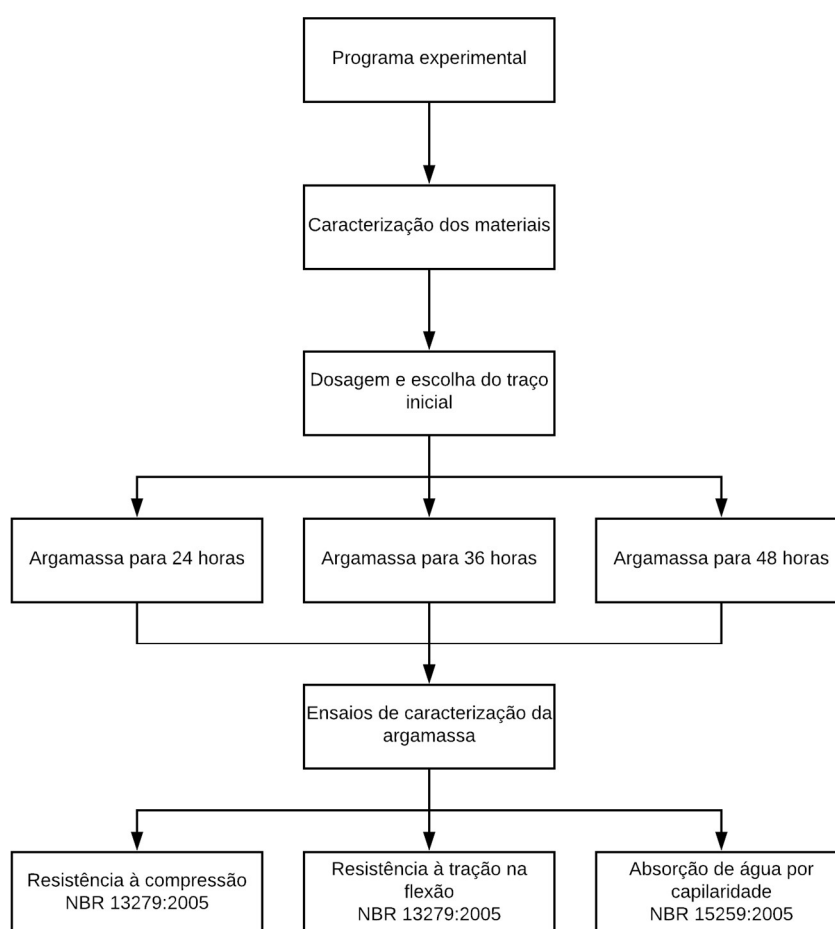
### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção será discutido de forma detalhada o desenvolvimento do programa experimental da pesquisa, apresentando de forma objetiva os materiais empregados, bem como os procedimentos experimentais adotados em cada um dos ensaios para caracterização e desempenho das amostras.

#### 3.1 Programa experimental

O programa experimental foi idealizado tendo como base a caracterização dos materiais, estudo de dosagem e por fim os ensaios mecânicos. Na figura 6 pode ser observado o fluxograma da pesquisa.

Figura 6 – Fluxograma do programa experimental



Fonte: Próprio autor

## 3.2 Materiais

Nesta seção são apresentados os materiais utilizados e as suas respectivas caracterizações, ou seja, o agregado miúdo, cimento e aditivos.

### 3.2.1 Agregado miúdo

A areia utilizada na pesquisa é proveniente do Rio Ibicuí na cidade de Manoel Viana – RS. A caracterização do agregado miúdo será feita através das normas NM 248 (AMN, 2001), que trata da determinação da composição granulométrica de agregados e NM 52 (AMN, 2002), que estabelece o método de determinação de massa específica e massa específica aparente de agregado miúdo.

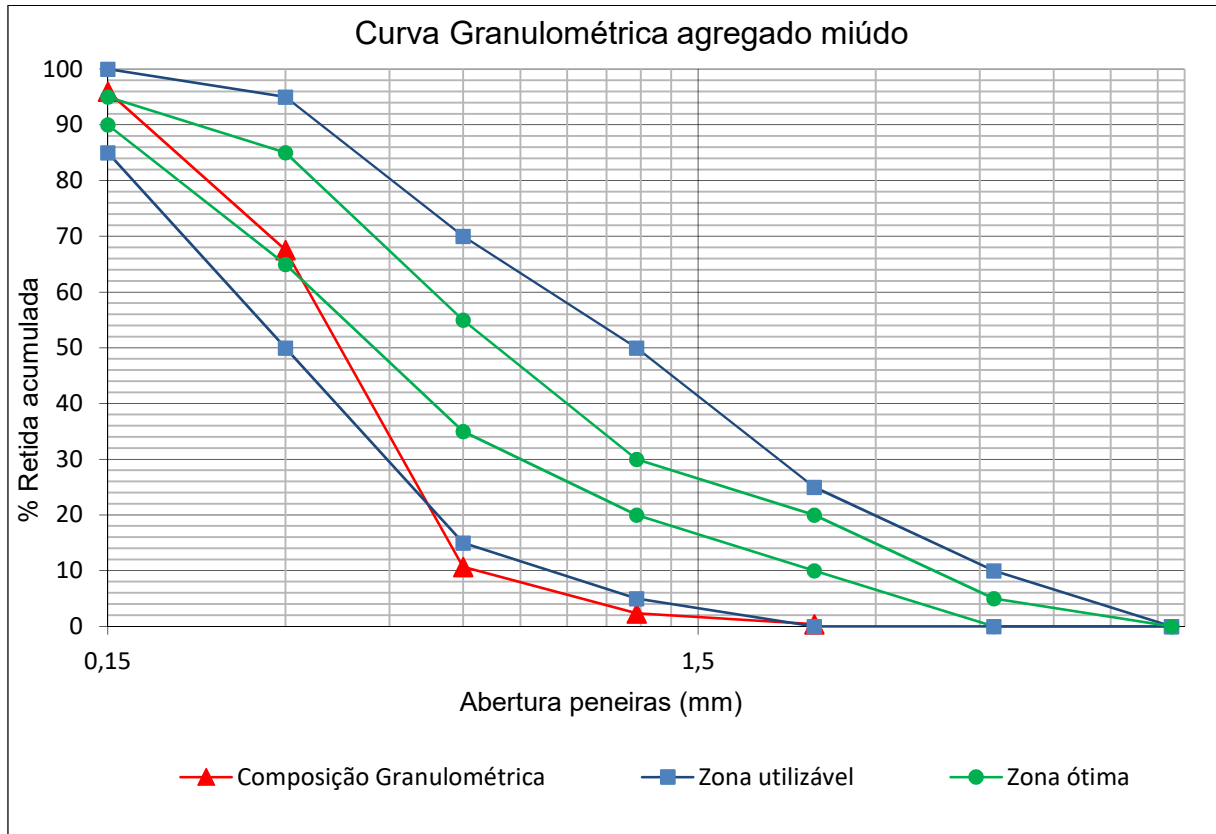
A composição granulométrica do agregado miúdo é apresentada na tabela 3 a seguir. O gráfico 1 apresenta a curva granulométrica do agregado miúdo.

Tabela 3 – Composição granulométrica do agregado miúdo

Peneiras	Amostra	Ret.	Ret.	Amostra	Ret.	Ret.	Ret.	Ret.
(mm) N°	1 (g)	(%)	ac.	2 (g)	(%)	ac.	méd.	méd ac.
			(%)			(%)	(%)	(%)
2,36 N° 8	1,80	0,36	0,36	2,10	0,42	0,42	0,39	0,39
1,18 N° 16	11,30	2,26	2,62	8,10	1,62	2,04	1,94	2,33
0,60 N° 30	45,30	9,06	11,68	38,10	7,61	9,65	8,34	10,67
0,30 N°50	283,7	56,74	68,42	285,7	57,08	66,73	56,91	67,58
0,15 N°100	138,2	27,64	96,06	146,10	29,19	95,92	28,42	95,99
Fundo	19,70	3,94	100	20,40	4,08	100,00	4,01	100,00
Total	500,00	100,00	-	500,50	100,00	-	100,00	-
				D máx (mm)			1,18	
				Módulo de Finura			1,77	

Fonte: Próprio Autor

Gráfico 1 – Curva granulométrica do agregado miúdo



Fonte: Próprio autor

Apesar de estar fora da zona utilizável recomendada pela NBR 7211 (ABNT, 2009), este agregado miúdo é amplamente utilizado na construção civil da cidade.

Os quadros 2 e 3 a seguir apresentam os limites mínimo e máximo de porcentagem retida acumulada e seus respectivos módulos de finura para uma areia bem graduada de acordo com Bauer (2000).

Quadro 2 – Limites para cada faixa de areia de porcentagem retida acumulada

Peneiras (mm)	Porcentagens retidas acumuladas (%)	
	Faixa 1 (muito fina)	Faixa 2 (fina)
2,4	0 a 5	0 a 15
1,2	0 a 10	0 a 25
0,6	0 a 20	21 a 40
0,3	50 a 85	60 a 88
0,15	85 a 100	90 a 100

Fonte: Adaptado de Bauer (2000)

Quadro 3 – Variação do módulo de finura para areia bem graduada

Muito fina	Faixa 1	De 1,35 a 2,25
Fina	Faixa 2	De 1,71 a 2,85
Média	Faixa 3	De 2,11 a 3,38
Grossa	Faixa 4	De 2,71 a 4,02

Fonte: Adaptado de Bauer (2000)

### 3.2.2 Cimento Portland

Foi utilizado um tipo de cimento, o CP V, utilizado na pesquisa de Oliveira (2017). A caracterização físico-química e mecânica do material foi fornecida pelo fabricante do produto.

O cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI) possui a uma massa específica de 3,00 g/cm<sup>3</sup> de acordo com a NBR NM 23 (ABNT, 2000). Nas tabelas 1 e 2 apresentam-se, respectivamente, as características químicas e físicas do cimento fornecidas pelo fabricante para o mês de junho de 2017.

Tabela 1 – Propriedades químicas do cimento CPV ARI

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	P. Fogo	CaO L.	R. Ins.	Eq. Alc.
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
4,22	18,62	2,92	60,46	3,72	3,27	3,37	0,58	0,63	0,68

Fonte: Adaptado de Itambé (2017)

Tabela 2 – Propriedades físicas do cimento CPV ARI

Exp. Quente (mm)	Tempo de pega (hh:mm)		Cons. Normal (%)	Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	#200 (%)	#325 (%)	Resistência à compressão (MPa)			
	Início	Fim					1 dia	3 dias	7 dias	28 dias
0,35	03:23	04:08	29,5	4.470	0,03	0,31	22,4	37,9	44,9	53,6

Fonte: Adaptado de Itambé (2017)

A escolha do traço foi feita para se adequar ao mais usual de acordo com pesquisas já existentes, como nas pesquisas de Dachery (2015) e Oliveira (2017).



### **3.2.3 Aditivos**

Os aditivos utilizados foram o estabilizador e o incorporador de ar utilizados anteriormente em estudos realizados por Temp (2014), Casali et al. (2011) e Schwingel (2015).

## **3.3 Métodos**

Analisando por meio de pesquisa bibliográfica os principais materiais constituintes das argamassas, verifica-se que suas propriedades mecânicas e físicas são distintas. De maneira a identificar essas propriedades, avaliando se atenderam ou não as exigências normativas, esta pesquisa utilizou-se de métodos de ensaios mais empregados para a análise do comportamento mecânico das argamassas.

### **3.3.1 Preparação das argamassas**

A argamassa foi preparada para os ensaios de acordo com a NBR 13276 (ABNT, 2016), que descreve o método de preparo da mistura para a realização de ensaios para argamassas de assentamento e revestimento.

### **3.3.2 Ensaio de absorção por capilaridade**

A absorção de água por capilaridade foi determinada de acordo com a NBR 15259 (ABNT, 2005), que estabelece o método de determinação da absorção por capilaridade e do coeficiente de capilaridade no estado endurecido. A norma estabelece o ensaio de três corpos de prova aos 28 dias.

### **3.3.3 Ensaio de tração na flexão**

A determinação da resistência à tração na flexão foi realizada através das recomendações da norma NBR 13279 (ABNT, 2005). A norma exige que sejam moldados três corpos de prova para cada traço a ser ensaiado aos 28 dias, sendo a resistência à tração na flexão a média das resistências dos três corpos de prova, respeitando o desvio absoluto máximo.

Para esta pesquisa, foram ensaiados seis corpos de prova para cada traço de argamassa, como realizado na pesquisa de Duó (2017), a fim de se obter mais resultados para análise por traço, quanto maior o número de amostras, melhor é o diagnóstico.

### **3.3.4 Ensaio de resistência à compressão axial**

O ensaio de resistência à compressão é descrito pela NBR 13279 (ABNT, 2005), que estabelece o método de determinação deste parâmetro no estado endurecido. Os corpos de prova ensaiados foram as metades dos corpos de prova ensaiados à tração na flexão. A resistência à compressão axial é a média das resistências dos corpos de prova ensaiados, respeitando o desvio absoluto máximo.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção serão apresentados e analisados os resultados obtidos nesta pesquisa para cada traço confeccionado.

### 4.1 Traço escolhido

O traço escolhido segue padrões semelhantes a outros traços utilizados não só em outras pesquisas como também na indústria. A diferença entre os traços para 24 horas e 36 horas se dá somente pela diferença na quantidade do aditivo estabilizador de hidratação, permitindo assim uma análise relacionada ao mesmo.

A argamassa foi produzida em betoneira a fim de se reproduzir, a produção industrial da argamassa estabilizada. O tempo de mistura a partir do momento em que foram colocados os aditivos foi três minutos.

Tabela 4 – Traço utilizado para produção de 20 litros de argamassa

Traço	Cimento (kg)	Areia (kg)	Água (kg)	Estabilizador (g)	Incorporador de ar (g)
24 horas	5,50	37,71	4,95	41,24	13,75
36 horas	5,50	34,71	4,95	54,99	13,75
48 horas	5,50	34,71	4,95	101,72	21,99

Fonte: Próprio autor

### 4.2 Moldagem dos corpos de prova

Foram moldados corpos de prova prismáticos com dimensões de 40x40x160 mm para os ensaios de absorção por capilaridade, resistência à tração na flexão e resistência à compressão axial.

As formas foram untadas com óleo mineral e moldadas conforme a NBR 13279 (ABNT, 2005). A figura 7 mostra os corpos de prova moldados na forma.

Figura 7 – Corpos de prova moldados na forma



Fonte: Próprio autor

### 4.3 Resultados

A seguir são apresentados os resultados a partir dos ensaios realizados.

#### 4.3.1 Determinação da absorção por capilaridade

Os corpos de prova foram ensaiados aos 28 dias de idade de acordo com a NBR 15259 (ABNT, 2005), tendo suas superfícies retangulares laterais devidamente seladas a fim de se garantir o contato da água somente com a superfície quadrada apoiada conforme a norma. O nível de água foi verificado a fim de permanecer constante a  $5 \pm 1$  mm acima da face em contato com a água.

A massa de cada CP foi determinada em três momentos, sendo a massa inicial ( $m_0$ ) antes de entrarem em contato com a água, aos 10 minutos ( $m_{10}$ ) e aos 90

minutos ( $m_{90}$ ). As medidas aos 10 minutos e aos 90 minutos foram feitas com cada CP enxuto com pano úmido antes de cada pesagem.

A absorção de água por capilaridade ( $A_t$ ) foi determinada para cada tempo de acordo com a seguinte equação:

$$A_t = \frac{m_t - m_0}{16}$$

onde:

$A_t$  é a absorção de água por capilaridade em gramas por centímetro quadrado;

$m_t$  é a massa do CP em cada tempo em gramas;

$m_0$  é a massa inicial do CP em gramas;

16 é a área do CP em  $\text{cm}^2$ .

Os valores de absorção obtidos são detalhados na tabela 5.

Tabela 5 – Absorção por capilaridade aos 10 minutos e aos 90 minutos

Traço	A10 (g/cm <sup>2</sup> )	A90 (g/cm <sup>2</sup> )
24 horas	0,17	0,32
36 horas	0,11	0,32
48 horas	0,17	0,63

Fonte: Próprio Autor

Em seguida foi determinado o coeficiente de capilaridade (C), expressado em gramas por decímetro quadrado pela raiz quadrada de minuto ( $\text{g/dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$ ) de cada CP através da seguinte equação:

$$C = (m_{90} - m_{10})$$

Os valores obtidos são detalhados na tabela 6.

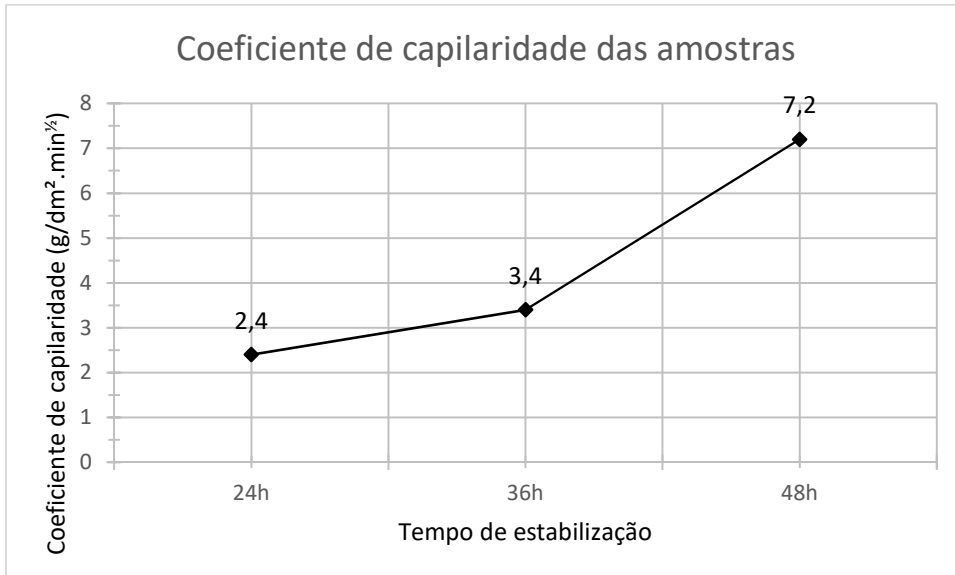
Tabela 6 – Coeficiente de capilaridade

Traço	C (g/dm <sup>2</sup> ·min <sup>1/2</sup> )
24 horas	2,4
36 horas	3,4
48 horas	7,2

Fonte: Próprio Autor

O gráfico 2 mostra a variação de capilaridade quando se varia o traço.

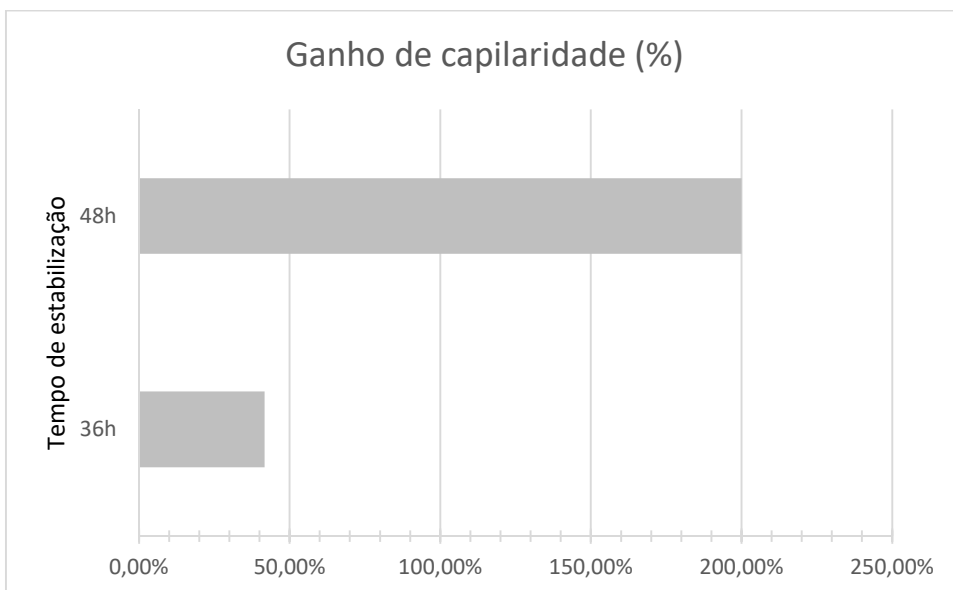
Gráfico 2 – Coeficiente de capilaridade por tempo de estabilização



Fonte: Próprio autor

O gráfico 3 mostra o aumento de capilaridade dos traços para 36 horas e 48 horas comparados ao traço para 24 horas. O coeficiente de capilaridade no traço para 48 horas é três vezes o coeficiente do traço para 24 horas.

Gráfico 3 – Ganho de capilaridade em relação ao traço para 24 horas



Fonte: Próprio autor

Rodrigues Filho (2013) cita que o coeficiente de capilaridade e o desempenho são parâmetros inversos, ou seja, quanto maior o coeficiente de capilaridade, menor é o desempenho.

Como comparação, Salomão e Bauer (2017) realizaram um estudo com argamassas sem aditivos compostas com cimento, cal e areia, onde com uma proporção de agregado/aglomerantes de 6,58 obtiveram um coeficiente de capilaridade de 6,9 g/dm<sup>2</sup>.min<sup>1/2</sup>, enquanto nesta pesquisa foi utilizada uma proporção próxima de 6,31, tendo coeficiente de capilaridade semelhante ao dos autores citados no traço para 48 horas, onde encontrou-se um coeficiente de capilaridade de 7,2 g/dm<sup>2</sup>.min<sup>1/2</sup>. Já os traços para 24 e 36 horas, cujo coeficiente de capilaridade encontrado foi de 2,4 e 3,4 g/dm<sup>2</sup>.min<sup>1/2</sup> respectivamente, podem ser comparadas à argamassa com proporção de agregado/aglomerante de 5,13, que possui um coeficiente de capilaridade de 3 g/dm<sup>2</sup>.min<sup>1/2</sup>.

É possível verificar que este parâmetro é influenciado por diversos fatores. Diferente do caso da pesquisa de Salomão e Bauer (2017), esta pesquisa optou por modificar apenas a quantidade de aditivos utilizados, logo, presume-se que a alteração no coeficiente de capilaridade foi realizada pela alteração dos aditivos para cada tempo de estabilização.

#### **4.3.2 Determinação da resistência à tração na flexão**

A determinação desta resistência foi feita na idade de 28 dias, exigido pela NBR 13279 (ABNT, 2005).

A resistência de cada CP foi calculada pela seguinte equação:

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

onde:

R<sub>f</sub> é a resistência à tração na flexão em MPa;

F<sub>f</sub> é a carga aplicada verticalmente no centro do prisma em N;

L é a distância entre os suportes em mm.

A figura 8 a seguir mostra um corpo de prova sendo ensaiado à tração na flexão.

Figura 8 – Ensaio de tração na flexão



Fonte: Próprio autor

Os resultados de resistência média por traço são apresentados na tabela 7.

Tabela 7 – Resistência média à tração na flexão por traço

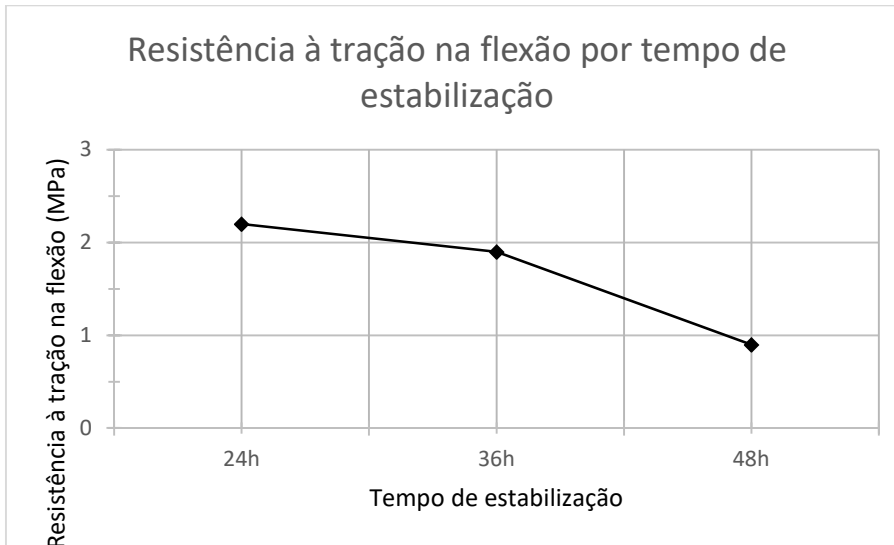
Traço	R <sub>f</sub> (MPa)
24 horas	2,2
36 horas	1,9
48 horas	0,9

Fonte: Próprio Autor

O gráfico 4 a seguir mostra a variação de resistência à tração na flexão quando se varia o traço.



Gráfico 4 – Resistência média à tração na flexão por tempo de estabilização

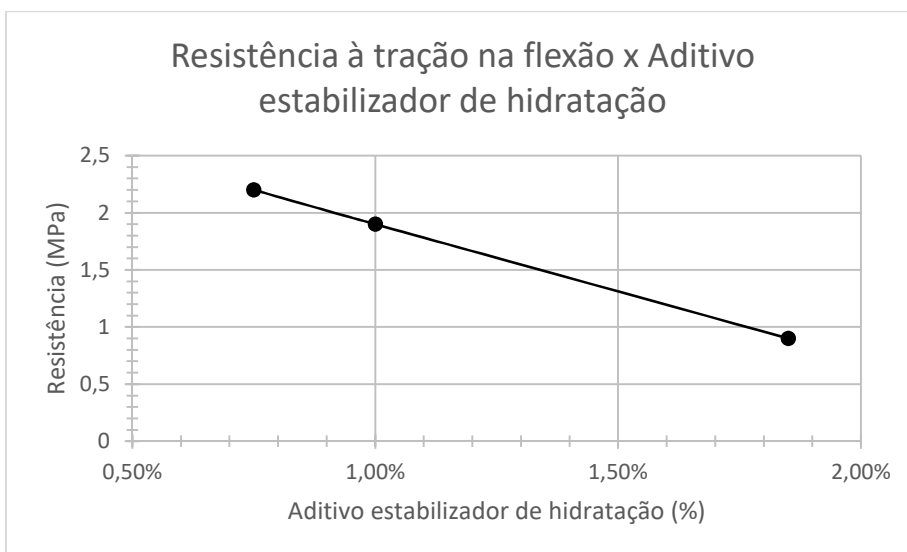


Fonte: Próprio autor

A redução da resistência média já era esperada, uma vez que já foi observada também na pesquisa de Bellei et al. (2015), porém, a redução de resistência só com o acréscimo de estabilizador de hidratação é um fator pouco estudado nas pesquisas atuais, tornando mais difícil uma análise comparativa.

Nesta pesquisa foi observada uma redução linear de resistência à tração na flexão à medida que o aditivo estabilizador de hidratação foi aumentado, como mostra o gráfico 5, tornando os dois fatores inversamente proporcionais.

Gráfico 5 – Resistência à tração na flexão x aditivo estabilizador de hidratação



Fonte: Próprio autor

Já a redução de resistência à medida que se aumenta o aditivo incorporador de ar é um tema mais estudado, pesquisas como as de Monte, Uemoto e Selmo (2003) e de Silva et al. (2009), apresentaram resultados que indicam esta relação também inversamente proporcional entre resistência à tração na flexão e aumento do aditivo incorporador de ar, levando assim a entender que o aumento de incorporador de ar no traço para 48 horas pode ter influenciado a redução da resistência.

#### **4.3.3 Determinação da resistência à compressão axial**

A determinação desta resistência foi feita na idade de 28 dias, exigido pela NBR 13279 (ABNT, 2005). A resistência de cada CP foi calculada pela seguinte equação:

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

onde:

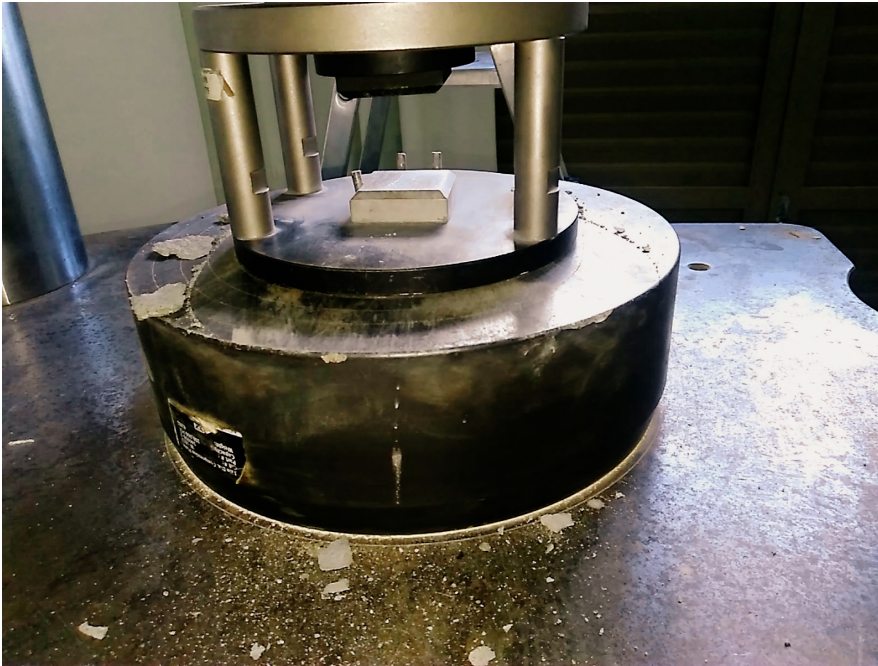
$R_c$  é a resistência à compressão em MPa;

$F_c$  é a carga máxima aplicada em N;

1600 é a área da seção quadrada do dispositivo de carga, de 40 mm x 40 mm, em mm<sup>2</sup>.

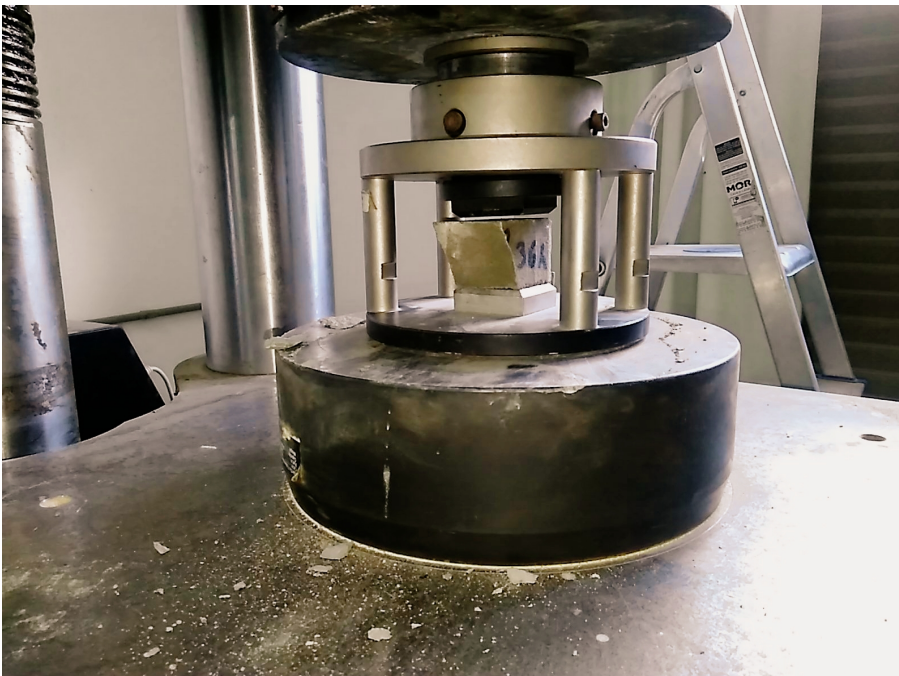
As figuras 9 e 10 apresentam o dispositivo utilizado para o ensaio e um corpo de prova sendo ensaiado à compressão.

Figura 9 – Dispositivo utilizado para ensaio à compressão



Fonte: Próprio autor

Figura 10 – Corpo de prova ensaiado à compressão



Fonte: Próprio autor

Os resultados obtidos de resistência média são demonstrados na tabela 8.

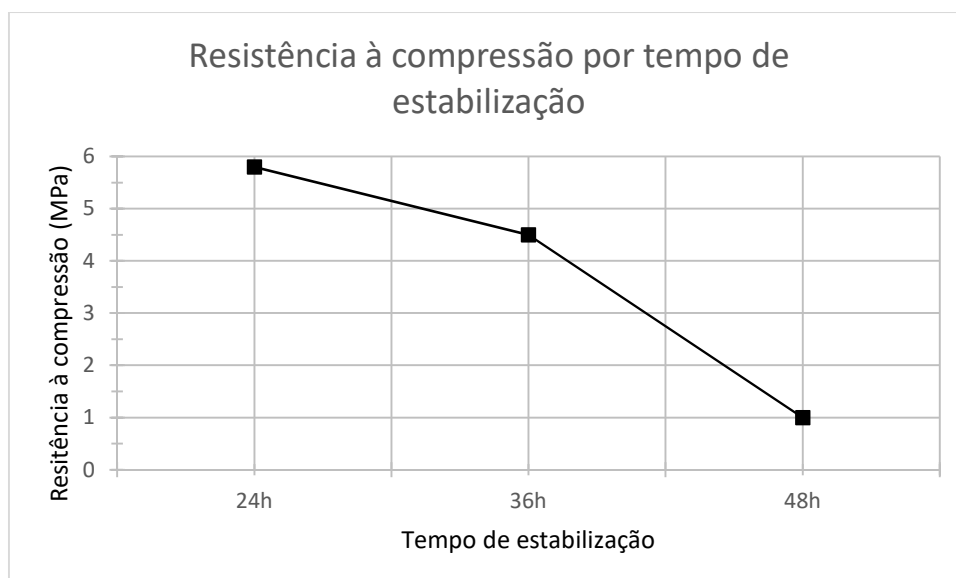
Tabela 8 – Resistência média à compressão por traço

Traço	R <sub>c</sub> (MPa)
24 horas	5,8
36 horas	4,5
48 horas	1,0

Fonte: Próprio Autor

O gráfico 6 a seguir apresenta a variação de resistência à compressão variando-se o traço.

Gráfico 6 – Resistência média à compressão por tempo de estabilização

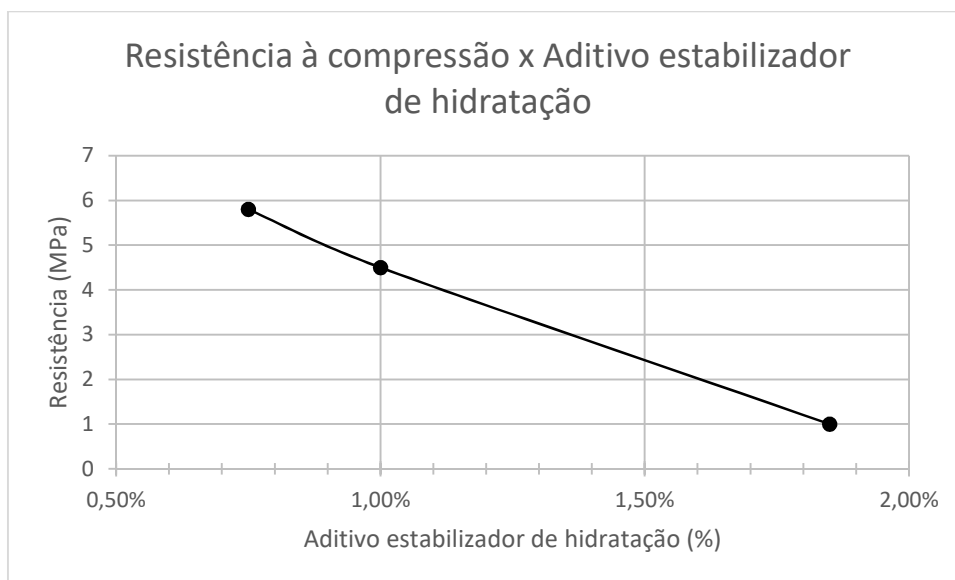


Fonte: Próprio autor

Assim como a resistência à tração na flexão, a resistência à compressão reduz à medida que se aumenta a quantidade de aditivo, sendo um comportamento esperado, como observado também por Bellei et al. (2015) e por Casali et al. (2011) em suas pesquisas.

Também foi observada uma redução linear de resistência à compressão à medida que o aditivo estabilizador de hidratação foi aumentado, como mostra o gráfico 7, tornando os dois fatores inversamente proporcionais.

Gráfico 7 - Resistência à compressão x aditivo estabilizador de hidratação



Fonte: Próprio autor

Seguindo a mesma linha de análise da resistência à tração na flexão, a redução de resistência à medida que se aumenta o aditivo incorporador de ar é coerente, como mostrado nas já citadas pesquisas de Monte, Uemoto e Selmo (2003) e de Silva et al. (2009).

Keller e Lovato (2016) verificaram em sua pesquisa que para um mesmo traço variando o teor dos dois aditivos, aqueles traços com aditivo incorporador de ar tiveram redução na resistência à compressão em relação aos traços sem aditivo incorporador de ar.

Sendo assim, a resistência à compressão e o aumento do aditivo incorporador de ar são inversamente proporcionais, sendo mais um fator contribuinte para a perda maior de resistência no traço para 48.

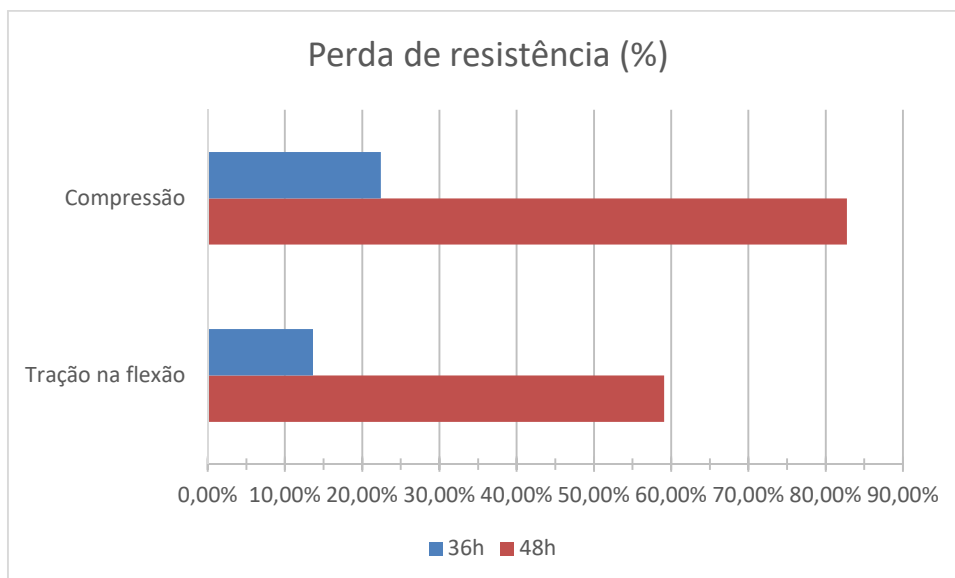
#### 4.4 Correlação dos resultados

Correlacionando dados é possível discutir a influência da variação dos aditivos na argamassa.

O gráfico 8 mostra a perda de resistência dos traços para 36 horas e 48 horas em relação ao traço de 24 horas. É importante notar que a diferença entre os traços se dá somente pelos aditivos, sendo que os traços para 24 e 36 horas

tiveram variação somente no aditivo estabilizador de hidratação, enquanto que o traço para 48 horas teve variação dos dois aditivos.

Gráfico 8 – Perda de resistência em relação ao traço para 24 horas



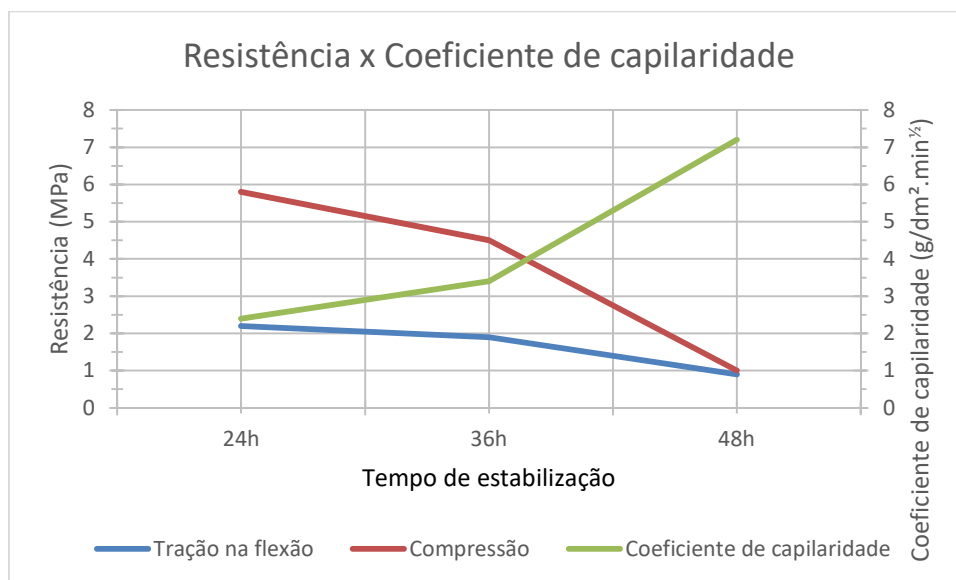
Fonte: Próprio autor

É notório que o traço para 48 horas possui um desempenho mecânico bem inferior. A redução na resistência mecânica pode ser explicada pelo aumento da quantidade de aditivos. Casali et al. (2011) cita que uma diferença na quantidade de aditivos talvez influencie na resistência.

A maioria dos trabalhos sobre aditivos incorporadores de ar define que a inserção de microbolhas de ar na matriz cimentícia leva a uma redução das resistências mecânicas (ALVES, 2002 apud OLIVEIRA, 2017).

O gráfico 9 permite comparar os três dados aqui analisados a fim de correlacioná-los. É possível perceber que à medida que o coeficiente de capilaridade aumenta, tanto a resistência à tração na flexão quanto a resistência à compressão reduzem.

Gráfico 9 – Resistência mecânica x coeficiente de capilaridade



Fonte: Próprio autor

Com base nisto, pode-se afirmar que o aumento da quantidade dos aditivos utilizados leva a argamassa a absorver mais água por capilaridade e a uma redução de resistência mecânica.

A partir do que já foi citado anteriormente, verifica-se que a tendência da argamassa estabilizada é realmente reduzir seu desempenho de modo geral à medida que se aumenta o tempo de estabilização, fazendo-se necessário escolher bem este tempo a fim de se obter uma argamassa que atende aos requisitos de qualidade.

Através do gráfico 9 também é possível verificar que a perda de resistência e aumento de absorção por capilaridade é maior para a argamassa para 48 horas, fato comprovado pelo aumento da inclinação das retas entre os traços para 24 horas e 36 horas e entre os traços para 36 horas e

#### 4.5 Classificação das argamassas

A NBR 13281 (ABNT, 2005) determina que as argamassas devem ser classificadas de acordo com suas características físicas. A tabela 8 a seguir apresenta a classificação de cada traço.

Tabela 8 – Classificação das argamassas quanto à NBR 13281

Traço	Coefficiente de capilaridade	Resistência à tração na flexão	Resistência à compressão
24 horas	C3	R4	P5
36 horas	C4	R3	P4
48 horas	C5	R1	P1

Fonte: Próprio autor

Portanto, a argamassa para 24 horas pode ser classificada como P5, R4, C3., a argamassa para 36 horas pode ser classificada como P4, R3, C4. e a argamassa para 48 horas pode ser classificada como P1, R1, C5.

Bauer et al. (2015) classificou as argamassas de acordo com as faixas da NBR 13281 (ABNT, 2005), tal classificação diz se o parâmetro é adequado ou insuficiente, em uma tentativa de classificar o desempenho da argamassa. O quadro 4 a seguir apresenta esta classificação.

Quadro 4 – Perfil de Desempenho das Argamassas Estabilizadas de Revestimento

Exigência		Níveis de desempenho			
Resistência à compressão	Adequado	P5		P6	
	Insuficiente	P1	P2	P3	P4
Resistência à tração	Adequado	R4	R5	R6	
	Insuficiente	R1	R2	R3	
Coefficiente de capilaridade	Adequado	C1	C2	C3	
	Insuficiente	C4	C5	C6	

Fonte: Adaptado de Bauer et al. (2015)

Assim sendo, a argamassa para 24 horas tem seus três parâmetros classificados como adequados, indicando que o desempenho é adequado. Já as argamassas para 36 e 48 horas não possuem nenhum parâmetro considerado adequado, o que pode significar que o desempenho das mesmas não será satisfatório.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa buscou avaliar o desempenho no estado endurecido de um traço de argamassa estabilizada para diferentes tempos de estabilização, 24 horas, 36 horas e 48 horas. Para esta avaliação foram realizadas análises de resistência à tração na flexão, à compressão e absorção por capilaridade para cada traço. Assim, foi possível concluir a partir dos resultados o seguinte.

À medida que se aumenta o tempo de estabilização, o desempenho é reduzido, uma vez que é necessário aumentar os teores de aditivos, que influenciaram diretamente nos resultados.

A resistência mecânica é inversamente proporcional ao teor de aditivos, ou seja, quanto maior o teor de aditivos, menor é a resistência e vice-versa. Esta relação já era esperada. Ocorreu uma perda de resistência mecânica maior no traço para 48 horas. A resistência à tração na flexão variou entre 0,9 MPa e 2,2 MPa, já a resistência à compressão variou entre 1 MPa e 5,8 MPa.

A absorção de água por capilaridade se mostrou diretamente proporcional ao teor de aditivos, isto significa que quanto maior o teor de aditivo, maior será a absorção. O coeficiente de capilaridade variou entre 2,4 e 7,2 g/dm<sup>2</sup>.min<sup>1/2</sup>.

Apenas a argamassa para 24 horas atende aos requisitos sugeridos por Bauer et al. (2015), estando, portanto, apta para utilização como argamassa para revestimento.

Foi observado que não há parâmetros bem definidos para confecção e utilização de argamassa estabilizada, sendo que o desempenho é avaliado de acordo com parâmetros estabelecidos por cada usina.

Para construtoras que buscam uma maior industrialização de suas obras, a argamassa estabilizada é uma excelente opção. O canteiro mais limpo proporcionado pela argamassa estabilizada, o ganho de produtividade, seu desempenho e a redução de desperdício são fatores que devem ser levados em consideração ao utilizar este tipo de argamassa.

De modo geral, é necessário ainda aumentar o número de estudos sobre argamassa estabilizada a fim de se qualificar melhor cada tipo de acordo com o traço utilizado. Também se faz necessário estudar melhor os teores de aditivos e suas influências individuais sobre os parâmetros de análise a fim de determinar o comportamento de uma argamassa.

### **5.1 Sugestões para pesquisas futuras**

- a) realizar uma pesquisa variando-se apenas o teor de aditivo estabilizador de hidratação.
- b) realizar uma pesquisa variando-se apenas o teor de aditivo incorporador de ar.
- c) realizar um estudo de teor ótimo de cada aditivo para cada tempo de estabilização.
- d) determinação de parâmetros de desempenho específicos para argamassa estabilizada.
- e) realizar um estudo comparativo entre argamassas convencionais, argamassas estabilizadas e argamassas industrializadas em geral.
- f) realizar um estudo sobre ganho de produtividade da argamassa estabilizada.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, George André Barbosa Chaves. **Contribuição ao estudo das propriedades de argamassas com saibro da região de Maceió (AL) para revestimentos**. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

ARAÚJO JR., José Mendes de. **Contribuição ao estudo das propriedades físico-mecânicas das argamassas de revestimento**. 199 f. Dissertação (Mestrado em estruturas e construção civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

ARGAMASSA CONTIMASSA. **Serviços**. Disponível em: <<http://www.contimassa.com.br/servicos.php>>. Acesso em: 29 ago. 2017.

ASOCIACIÓN MERCOSUR DE NORMALIZACIÓN. **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.

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

\_\_\_\_\_. **NBR 7215**: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. **NBR 7222**: Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

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

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

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

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

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual de revestimentos de argamassa**. 200-. Disponível em:

<<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/279/anexo/ativosmanu.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2017.

BAÍÁ, Luciana Leone Maciel; SABBATINI, Fernando Henrique. **Projeto e execução de revestimento de argamassa**. 4ª ed. São Paulo: O nome da rosa editora Ltda, 2008.

BASTOS, Pedro Kopschitz Xavier. **Retração e desenvolvimento de propriedades mecânicas de argamassas mistas de revestimento**. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

BAUER, Elton et al. **Revestimento de argamassa – características e peculiaridades**. 1ª ed. Brasília: LEM – UnB – SINDUSCON/DF, 2005. Disponível em:  
<<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/123/anexo/revesar.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2017.

BAUER, Elton et al. **Requisitos das argamassas estabilizadas para revestimento**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, XI, Porto Alegre, 2015.

BAUER, Elton. **Materiais de Construção**. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

BELLEI, Poliana et al. **Estudo comparativo do desempenho no estado fresco e endurecido de argamassas estabilizadas de 36h e 72h**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, XI, Porto Alegre, 2015.

BENNTER. **Recomendações técnicas para utilização da Argamassa Express**. 2015?

CARASEK, Helena. Argamassas. In: ISAIA, Geraldo Cechella. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2007. p. 863-904.

CASALI, Juliana Machado et al. **Avaliação das propriedades do estado fresco e endurecido da argamassa estabilizada para revestimento**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, IX, Belo Horizonte, 2011.

CICHINELLI, Gisele. Chapisco, emboço e reboco. **Equipe de obra**, ed. 55, jan. 2013. Editora Pini. Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/55/chapisco-emboco-e-reboco-aprenda-a-preparar-as-argamassas-275577-1.aspx>>. Acesso em: 31 ago. 2017.

CONSTRUPOR. **Bloco de concreto celular autoclavado**. Disponível em:  
<<http://www.construpor.com.br/index.php?p=item2-1>>. Acesso em: 29 ago. 2017.

DACHERY, Mônica. **Avaliação das propriedades da argamassa estabilizada para revestimento externo**: aplicação em diferentes substratos, durante diferentes períodos de utilização. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (em Engenharia Civil) – Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, nov. 2015.

FRANCISCON, Marcelo. **Tecnologia da argamassa**. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (em Engenharia Civil) – Universidade São Francisco, Itatiba, 10 dez. 2007. ITAMBÉ. **Relatórios de ensaio**. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/relatorios-de-ensaio/?pro=371&chave=2017-6>>. Acesso em: 06 jun. 2018.

KELLER, Hergya A.; LOVATO, Patrícia S. **Avaliação de propriedades de argamassas estabilizadas ao longo do tempo decorrido do seu preparo**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, XVI, São Paulo, 2016.

MACIOSKI, Gustavo et al. **Avaliação de propriedades no estado fresco e endurecido de argamassas estabilizadas**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, X, Fortaleza, 2013.

MACIOSKI, Gustavo. **Avaliação do comportamento de argamassas estabilizadas para revestimento**. 150 f. Trabalho de Conclusão de Curso (em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 18 mai. 2014.

MATOS, Paulo Ricardo de. **Estudo da utilização de argamassa estabilizada em alvenaria estrutural de blocos de concreto**. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 29 nov. 2013.

MONTE, Renata; UEMOTO, Kai L.; SELMO, Sílvia M. S. **Efeitos de aditivos incorporadores de ar nas propriedades de argamassas e revestimentos**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, V, São Paulo, 2003.

OLIVEIRA, Valéria Costa de. **Estudo comportamental da formulação, dos requisitos e das propriedades das argamassas estabilizadas de revestimento**. 267 f. Dissertação (Mestrado em Materiais de Construção) – Universidade de Brasília, Brasília, 7 abr. 2017.

OTTO BAUMGART INDÚSTRIA E COMÉRCIO S.A. **Aditivos para concretos, argamassas e caldas de cimento**. 12<sup>a</sup> ed. 1999.

RECENA, Fernando Antonio Piazza. **Conhecendo argamassa**. 2<sup>a</sup> ed. Porto Alegre, editora universitária da PUCRS, 2012.

REIS, Pâmela; BENIGNO, Fernando. Argamassa: usinada ou virada em obra? **Construção mercado**, ed. 100, nov. 2009. Editora Pini. Disponível em: <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/100/artigo298736-1.aspx>>. Acesso em: 28 ago. 2017.

RICAMIX. **Argamassa estabilizada**. Disponível em:  
<<http://www.ricamix.com.br/argamassaEstabilizada.php>>. Acesso em: 31 ago. 2017.

RODRIGUES FILHO, Halley. **Avaliação dos requisitos normativos das argamassas industrializadas associados a critérios de emprego e utilização**. 268 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 11 out. 2013.

SALOMÃO, Maria Cláudia; BAUER, Elton. **Estudo da estrutura porosa de argamassas de revestimento e sua relação com a absorção de água por capilaridade**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, XII, São Paulo, 2017.

SILVA, Narciso Gonçalves da et al. **Efeitos do ar incorporado nas propriedades do estado endurecido em argamassas de cimento e areia**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 51, 2009, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Instituto Brasileiro do Concreto, 2009.

SCHWINGEL, Fernanda Ines. **Análise de propriedades e características de argamassas úmidas estabilizadas**. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (em Engenharia Civil) – Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2015.

TEMP, Aldo Leonel. **Avaliação de revestimentos de argamassa à permeabilidade ao vapor de água**. 152 f. Dissertação (Mestrado em Materiais de Construção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 26 set. 2014.

## ANEXOS

## ANEXO A – RESULTADOS COMPLETOS – ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE

Tabela 9 – Determinação de massa e absorção para 24 horas

CP	m <sub>0</sub> (g)	m <sub>10</sub> (g)	m <sub>90</sub> (g)	A <sub>10</sub> (g/cm <sup>2</sup> )	A <sub>90</sub> (g/cm <sup>2</sup> )
1	415,00	417,60	420,90	0,16	0,37
2	427,60	430,10	432,80	0,16	0,32
3	431,80	434,30	436,40	0,16	0,29
4	428,10	431,50	434,10	0,21	0,38
5	414,20	416,40	418,60	0,14	0,28

Fonte: Próprio autor

Tabela 10 – Determinação de massa e absorção para 36 horas

CP	m <sub>0</sub> (g)	m <sub>10</sub> (g)	m <sub>90</sub> (g)	A <sub>10</sub> (g/cm <sup>2</sup> )	A <sub>90</sub> (g/cm <sup>2</sup> )
1	447,50	450,00	455,50	0,16	0,50
2	440,60	441,50	443,50	0,06	0,18
3	427,70	428,60	430,90	0,06	0,20
4	441,80	443,30	446,80	0,09	0,31
5	443,20	447,70	447,90	0,09	0,29
6	444,20	446,40	449,80	0,14	0,35

Fonte: Próprio autor

Tabela 11 – Determinação de massa e absorção para 48 horas

CP	m <sub>0</sub> (g)	m <sub>10</sub> (g)	m <sub>90</sub> (g)	A <sub>10</sub> (g/cm <sup>2</sup> )	A <sub>90</sub> (g/cm <sup>2</sup> )
1	422,40	425,10	455,50	0,16	0,50
2	425,20	427,50	443,40	0,06	0,18
3	424,00	427,00	430,90	0,06	0,20
4	430,70	433,30	446,80	0,09	0,31
5	433,30	436,50	447,90	0,09	0,29
6	439,20	442,00	450,80	0,14	0,41

Fonte: Próprio autor

Tabela 12 – Coeficiente de absorção para 24 horas

CP	C (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )	C médio (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )	C médio - C (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )	Desvio relativo máximo (%)
1*	3,3		-	
2	2,7		0,3	
3	2,1	2,4	0,3	12,5
4	2,6		0,2	
5	2,2		0,2	

Fonte: Próprio autor

Tabela 13 – Coeficiente de absorção para 36 horas

CP	C (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )	C médio (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )	C médio - C (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )	Desvio relativo máximo (%)
1*	5,5		-	
2*	2,0		-	
3*	2,3	3,4	-	5,9
4	3,5		0,1	
5	3,2		0,2	
6	3,4		0,0	

Fonte: Próprio autor

Tabela 14 – Coeficiente de absorção para 48 horas

CP	C (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )	C médio (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )	C médio - C (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )	Desvio relativo máximo (%)
1	7,4		0,2	
2	6,9		0,3	
3	7,5	7,2	0,3	4,2
4	7,3		0,1	
5	7,1		0,1	
6	7,2		0,0	

Fonte: Próprio autor



## ANEXO B – RESULTADOS COMPLETOS – TRAÇÃO NA FLEXÃO

Tabela 15 – Resistência à tração na flexão para 24 horas

CP	F <sub>f</sub> (N)	L (mm)	R <sub>f</sub> (MPa)	Resistência Média (MPa)	Diferença (MPa)	Desvio absoluto (MPa)
1	970	100	2,27	2,2	0,07	0,1
2*	732		1,72		-	
3	889		2,08		0,12	
4	896		2,10		0,10	
5	995		2,33		0,13	

Fonte: Próprio autor

Tabela 16 – Resistência à tração na flexão para 36 horas

CP	F <sub>f</sub> (N)	L (mm)	R <sub>f</sub> (MPa)	Resistência Média (MPa)	Diferença (MPa)	Desvio absoluto (MPa)
1	838	100	1,96	1,9	0,06	0,3
2*	960		2,25		-	
3	862		2,02		0,12	
4	785		1,84		0,06	
5	824		1,93		0,03	
6	687		1,61		0,29	

Fonte: Próprio autor

Tabela 17 – Resistência à tração na flexão para 48 horas

CP	F <sub>f</sub> (N)	L (mm)	R <sub>f</sub> (MPa)	Resistência Média (MPa)	Diferença (MPa)	Desvio absoluto (MPa)
1	417	100	0,98	0,9	0,08	0,1
2	330		0,77		0,13	
3	386		0,91		0,01	
4*	610		1,43		-	
5	422		0,99		0,09	
6	391		0,92		0,02	

Fonte: Próprio autor

## ANEXO C – RESULTADOS COMPLETOS – COMPRESSÃO

Tabela 18 – Resistência à compressão para 24 horas

CP	F <sub>f</sub> (N)	R <sub>f</sub> (MPa)	Resistência Média (MPa)	Diferença (MPa)	Desvio absoluto (MPa)
1	9288	5,80	5,8	0,00	0,3
2	8880	5,55		0,25	
3	9793	6,12		0,32	
4*	10583	6,61		-	
5*	10829	6,77		-	
6*	7822	4,89		-	
7*	11016	6,88		-	
8	9081	5,68		0,12	
9*	12320	7,70		-	
10	9582	5,99		0,19	

Fonte: Próprio autor

Tabela 19 – Resistência à compressão para 36 horas

CP	Ff (N)	Rf (MPa)	Resistência Média (MPa)	Diferença (MPa)	Desvio absoluto (MPa)
1	6650	4,16	4,5	0,34	0,5
2*	4210	2,63		-	
3	7990	4,99		0,49	
4	7140	4,46		0,04	
5*	9040	5,65		-	
6	7610	4,76		0,26	
7*	9310	5,82		-	
8	7220	4,51		0,01	
9	7680	4,80		0,30	
10	6660	4,16		0,34	
11	6450	4,03		0,47	
12*	4630	2,89		-	

Fonte: Próprio autor

Tabela 20 – Resistência à compressão para 48 horas

CP	Ff (N)	Rf (MPa)	Resistência Média (MPa)	Diferença (MPa)	Desvio absoluto (MPa)
1	1850	1,16	1,0	0,16	0,2
2	1320	0,83		0,17	
3	1560	0,98		0,02	
4	1350	0,84		0,16	
5	1580	0,99		0,01	
6	1400	0,88		0,12	
7	1620	1,01		0,01	
8	1600	1,00		0,00	
9	1600	1,00		0,00	
10	1300	0,81		0,19	
11	1820	1,14		0,14	
12	1370	0,86		0,14	

Fonte: Próprio autor