



**CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ROGER LIMA DA SILVA**

**USO DE DETERGENTE LÍQUIDO COMO ADITIVO INCORPORADOR DE AR EM  
ARGAMASSA DE CONTRAPISO**

**FORTALEZA  
2020**

ROGER LIMA DA SILVA

USO DE DETERGENTE LÍQUIDO COMO ADITIVO INCORPORADOR DE AR EM  
ARGAMASSA DE CONTRAPISO

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao curso de Engenharia Civil  
do Centro Universitário Christus como  
requisito parcial para obtenção do título de  
bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Profa. Dra. Elayne Valério  
Carvalho.

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Centro Universitário Christus - Unichristus  
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do  
Centro Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586u

Silva, Roger Lima da.  
USO DE DETERGENTE LÍQUIDO COMO ADITIVO  
INCORPORADOR DE AR EM ARGAMASSA DE CONTRAPISO /  
Roger Lima da Silva. - 2020.  
63 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro  
Universitário Christus - Unichristus, Curso de Engenharia Civil,  
Fortaleza, 2020.

Orientação: Profa. Dra. Elayne Valério Carvalho.

1. Argamassa de contrapiso. 2. Aditivo incorporador de ar. 3.  
Detergente líquido. 4. Tensoativos. 5. Microestrutura. I. Título.

CDD 624

ROGER LIMA DA SILVA

USO DE DETERGENTE LÍQUIDO COMO ADITIVO INCORPORADOR DE AR EM  
ARGAMASSA DE CONTRAPISO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)  
apresentado ao curso de Engenharia Civil  
do Centro Universitário Christus, como  
requisito parcial para obtenção do título de  
bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Elayne Valério  
Carvalho.

Aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Elayne Valério Carvalho  
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

---

Profa. Ma. Rafaela Fujita Lima  
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

---

Profa. Ma. Marisa Teófilo Leitão  
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por mais uma vitória conquistada em minha vida. A meus pais, Francisca Francineide e Francisco Rogério, e minha irmã, Amanda Lima, agradeço pela oportunidade e por todo apoio incondicional durante a minha jornada na graduação e na vida.

A minha namorada, Nayara Gurjão, agradeço por todo incentivo e ajuda durante os ensaios e por sempre estar ao meu lado em todas as minhas decisões.

Agradeço aos meus amigos (Felipe, Iran, Yuri, Rodrigo, Jeferson e Débora) por toda a amizade construída nessa graduação.

Agradeço a minha orientadora, Dra. Elayne Valério, por toda paciência, correções e dicas durante esse trabalho.

Agradeço as professoras Ma. Rafaela Fujita e Ma. Marisa Leitão por todo auxílio durante minhas pesquisas e ensaios.

Agradeço ao Centro Universitário Christus, assim como aos coordenadores do curso de engenharia civil, a oportunidade de realizar esse trabalho, além do auxílio na utilização de suas instalações.

## RESUMO

O desenvolvimento e a busca por materiais com adequada durabilidade e desempenho mecânico têm sido amplamente investigados por pesquisadores da área de tecnologia dos materiais. Nesse sentido, o uso de aditivos que modifiquem as propriedades da argamassa tem sido promissor, como é o caso do aditivo incorporador de ar (AIA). Há relatos da substituição do AIA pelo detergente líquido comercial utilizado para limpeza domiciliar, porém sem a devida análise da sua viabilidade na argamassa. Portanto, este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica da adição de detergentes comerciais em argamassas de contrapiso, investigando experimentalmente o desempenho desse material em termos de comportamento mecânico, trabalhabilidade e durabilidade. Para isso, foram realizados ensaios físico-químicos a fim de verificar a composição química do detergente comercial e caracterização do material cimentício produzido. Além disso, foram realizados ensaios de consistência e o desempenho mecânico, no estado fresco e no estado endurecido, comparando diferentes proporções do aditivo comercial e do aditivo proposto. Como resultado, a composição dos materiais apresentou significativa semelhança. Os ensaios no estado fresco e no estado endurecido, indicaram que a proporção de 0,2% de detergente líquido apresenta melhor resistência mecânica e incorporação de ar na argamassa, apesar das demais proporções apresentarem resultados relativamente semelhantes.

**Palavras-chave:** Argamassas de contrapiso. Aditivo incorporador de ar. Detergente líquido. Tensoativos. Microestrutura.

## ABSTRACT

The development and search for materials with adequate durability and mechanical performance have been extensively investigated by researchers in the field of materials technology. In this sense, the use of additives that modify the properties of the mortar has been promising, as is the case of the air incorporating additive (AIA). There are reports of the replacement of the AIA by the commercial liquid detergent used for home cleaning, but without due analysis of its viability in the mortar. Therefore, this work aims to evaluate the technical feasibility of adding commercial detergents to subfloor mortars, experimentally investigating the performance of this material in terms of mechanical behavior, workability, and durability. For this, physical-chemical tests were carried out to verify the chemical composition of the commercial detergent and characterization of the cementitious material produced. In addition, consistency tests and mechanical performance were performed, in the fresh and hardened state, comparing different proportions of the commercial additive and the proposed additive. As a result, the composition of the materials was significantly similar. The tests in the fresh state and in the hardened state, indicated that the proportion of 0.2% of liquid detergent presents better mechanical resistance and incorporation of air in the mortar, despite the other proportions presenting relatively similar results.

**Keywords:** Subfloor mortars. Air incorporating additive. Liquid detergent. Surfactants. Microstructure.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo genérico de um sistema de piso e seus elementos .....	18
Figura 2 – Absorção de água e massa específica para a argamassa referência, com detergente (aditivo proposto) e com aditivo comercial. ....	24
Figura 3 – Formas de ruptura do corpo de prova. ....	25
Figura 4 – Representação esquemática dos poros na argamassa .....	26
Figura 5 – Mecanismo de ação dos aditivos incorporadores de ar .....	30
Figura 6 – Esquema representativo de uma molécula de tensoativo .....	31
Figura 7 – Esquema de possível mecanismo de formação de bolhas de ar com a incorporação do AIA em água e ancoragem das bolhas nas pastas cimentícia.....	32
Figura 8– Estrutura Alquilbenzeno sulfonato de sódio .....	37
Figura 9 – Esquema das reações de obtenção do LAB e do LAS. (a) reação de alquilação de uma olefina ou de um haleto de alquila resultando na formação do LAB. (b) reação de sulfonação do LAB resultando na formação do LAS .....	37
Figura 10 – Fluxograma dos ensaios realizados .....	39
Figura 11 – Peneiramento da areia utilizada .....	40
Figura 12 – Ensaio de consistência normal.....	42
Figura 13 – Execução do índice de consistência: (a) preenchimento do molde em 3 camadas aplicando golpes com soquete metálico; (b) Arrasamento do molde para execução dos golpes pela mesa de consistência.....	44
Figura 14 – Produção dos corpos de provas.....	45
Figura 15 – Ensaio de resistência a tração na flexão .....	45
Figura 16 – Ensaio de resistência a compressão axial.....	46
Figura 17 – Espectros de FTIR .....	48
Figura 18 – Resultado do índice de consistência para o detergente para diferentes proporções: 0,2% (A), 0,3%(B) e 0,4%(C).....	50

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quadro comparativo das formas de fornecimento das argamassas autonivelantes e argamassa dosada em obra.....	21
Quadro 2 – Fatores que influenciam o teor de ar incorporado e a distribuição dos vazios .....	29
Quadro 3 – Classificação dos tipos de tensoativos .....	33
Quadro 4 – Classificação dos tipos de tensoativos .....	35

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Resultado da resistência a tração na flexão para as proporções de 0,2%, 0,3% e 0,4% de detergente líquido. ....	52
Gráfico 2 – Resultado da resistência a compressão axial para as proporções de 0,2%, 0,3% e 0,4% de detergente líquido. ....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Materiais utilizados na produção da argamassa.....	40
Tabela 2 – Dosagem dos aditivos para a produção da argamassa.....	41
Tabela 3 – Valores obtidos a partir do teste de consistência .....	49
Tabela 4 – Força de ruptura obtida no ensaio de tração na flexão .....	51
Tabela 5 – Força de ruptura obtida no ensaio de compressão axial. ....	52
Tabela 6 – Classificação da argamassa quanto a tração na flexão. ....	54
Tabela 7 – Classificação da argamassa quanto a compressão axial. ....	54

## LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIA	Aditivo Incorporador de Ar
DRX	Difração de raios x
FTIR	Infravermelho com transformada de Fourier
FRX	Espectrometria de fluorescência de raio x
LAB	Alquilbenzeno linear
LAS	Alquilbenzeno linear sulfonado
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PH	Potencial hidrogênico
TGA	Análise termogravimétrica

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>15</b>
1.1.1	<i>Objetivo Geral</i>	15
1.1.2	<i>Objetivos Específicos</i>	15
<b>1.2</b>	<b>Estrutura do Trabalho</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Argamassas de contrapiso</b>	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>Composição</b>	<b>19</b>
<b>2.3</b>	<b>Fornecimento das argamassas</b>	<b>20</b>
<b>2.4</b>	<b>Fatores que influenciam a aderência</b>	<b>21</b>
<b>2.5</b>	<b>Propriedades da argamassa de contrapiso</b>	<b>22</b>
2.5.1	<i>Propriedades do estado fresco</i>	22
2.5.1.1	Trabalhabilidade	22
2.5.1.2	Aderência inicial	23
2.5.1.3	Retenção de água	23
2.5.1.4	Massa específica e teor de ar incorporado	23
2.5.2	<i>Propriedades do estado endurecido</i>	24
2.5.2.1	Aderência	25
2.5.2.2	Resistência mecânica	25
2.5.2.3	Coeficiente de capilaridade	26
2.5.3	<i>Argamassas de alto desempenho</i>	26
<b>2.6</b>	<b>Aditivos</b>	<b>27</b>
2.6.1	<i>AIA</i>	28
<b>2.7</b>	<b>Surfactantes</b>	<b>31</b>
<b>2.8</b>	<b>Detergentes líquidos</b>	<b>35</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>39</b>
<b>3.1</b>	<b>Materiais</b>	<b>39</b>
<b>3.2</b>	<b>Preparo das argamassas</b>	<b>40</b>
<b>3.3</b>	<b>Caracterização dos AIAs avaliados</b>	<b>41</b>
3.3.1	<i>FTIR</i>	41
<b>3.4</b>	<b>Ensaio no estado fresco</b>	<b>41</b>
3.4.1	<i>Determinação da pasta de consistência normal:</i>	41

3.4.2	<i>Índice de consistência</i> .....	43
<b>3.5</b>	<b>Ensaio no estado endurecido</b> .....	<b>44</b>
3.5.1	<i>Ensaio de resistência à tração na flexão e a compressão axial</i> .....	44
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>48</b>
<b>4.1</b>	<b>Caracterização dos AIAs</b> .....	<b>48</b>
4.1.1	<i>FTIR</i> .....	48
<b>4.2</b>	<b>Ensaio no estado fresco</b> .....	<b>49</b>
4.2.1	<i>Pasta de consistência normal</i> .....	49
4.2.2	<i>Índice de consistência</i> .....	49
<b>4.3</b>	<b>Ensaio no estado endurecido</b> .....	<b>51</b>
4.3.1	<i>Resistência atração na flexão e compressão axial</i> .....	51
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>55</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>56</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O cimento Portland é um dos componentes mais utilizados mundialmente na construção civil. Esse material com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, quando em contato com a água endurece e, após sua cura, mesmo que venha a ser submetido em água não se decompõe (ABCP, 2002). O concreto e a argamassa são compostos originados da mistura de cimento, água e agregados, que podem conter aditivos ou adições (Couto, *et al.* 2013). Estão presentes nas alvenarias, pontes, rodovias, barragens, edifícios, obras de saneamento e indústrias.

A grande competitividade, relacionada à busca pela diminuição de custos nas obras, faz com que a construção civil esteja cada vez mais voltada para o desenvolvimento de materiais inovadores que atendam às necessidades do mercado, além de possuir um viés sustentável (MALINVERNI; CASSOL, 2016). Uma estratégia eficiente é a diminuição do peso da estrutura, contribuindo para a redução dos custos com a fundação e, conseqüentemente, dos insumos consumidos.

Nesse sentido, os AIAs são eficientes em promover a diminuição do peso da estrutura quando utilizados em argamassa de enchimento em contrapiso (BIAVA, 2017). Atualmente, existe uma grande variedade desses aditivos disponíveis no mercado capazes de promover uma melhora significativa da trabalhabilidade da argamassa no estado fresco. O mecanismo por trás desse efeito envolve a formação de uma grande quantidade de microbolhas de ar independentes entre si distribuídos no composto cimentício (ALVES, 2002). De forma geral, a adição de AIA na argamassa melhora a coesão, reduz a tendência de exsudação ou segregação, dificulta a penetração profunda da água, melhora o acabamento superficial, reduz a retração, entre outros (MENDES, 2016).

Os surfactantes, ou tensoativos, são substâncias em comum na composição dos AIAs e dos detergentes. Essas substâncias tem um comportamento anfifílico e favorece a formação das bolhas que promovem a diminuição do atrito entre as partículas sólidas na argamassa. Como consequência, a argamassa se torna mais fluida, garantindo uma melhor trabalhabilidade com um menor consumo de água (DEMORI; SILVA, 2015).

Devido à presença de surfactantes em sua composição, espera-se que os detergentes líquidos sejam capazes de promover efeito similar ao dos AIAs encontrados no mercado. Reforçando essa ideia, há relatos do uso de detergente

líquido como AIA e, por apresentar um valor relativo acessível, tem sido utilizado em obras de baixo custo. Assim, a substituição do AIA convencional pelo detergente de uso doméstico traz consigo uma otimização dos custos inerentes aos processos da construção civil, considerando os custos de aquisição desses materiais. Além disso, o detergente permite a utilização em pequenas betonagens, tendo como principais vantagens sua acessibilidade, baixo custo, dermatologicamente testado e composição biodegradável (MENDES *et al.*, 2017).

Diante da utilização crescente de detergentes líquidos como AIA alternativo, pesquisas recentes (MENDES, 2016) têm avaliado o efeito da incorporação de detergente líquido nas propriedades das matrizes cimentícias utilizadas em concreto, que estabelecem as proporções adequadas para o emprego desse composto. Apesar do estudo de Manhães e colaboradores (2016) relatar a redução na resistência mecânica do concreto, não se avaliou a influência do AIA alternativo em componentes não estruturais, como argamassas de revestimento e preenchimento.

Além disso, é necessário garantir que a adição desses produtos químicos em concreto e argamassas produzam benefícios, sem prejudicar as características do material quando em uso, sendo necessário avaliar as consequências do detergente em contato com o cimento Portland (MANHÃES; SOUZA; VIOLIN, 2016). Com isso, faz-se necessário um estudo aplicado a argamassas de enchimento e suas características microestruturais e de composição, buscando proporções que garantam o bom desempenho e durabilidade.

Portanto, este estudo tem o propósito de avaliar o detergente líquido como AIA na produção de argamassa para contrapiso. Para isso, serão testadas diferentes concentrações na composição das argamassas que permitam sua utilização sem alteração das suas características morfológicas, microestruturais, físicas, mecânicas, no estado fresco e no estado endurecido.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 *Objetivo Geral*

Investigar o desempenho dos detergentes líquidos convencionais como aditivos incorporadores de ar (AIA), comparativamente com aditivos comerciais de mesma função na composição de argamassas de contrapiso.

### 1.1.2 *Objetivos Específicos*

- Comparar a composição química do detergente líquido com o AIA convencional por Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR);
- Investigar o efeito do AIA alternativo nas propriedades da argamassa no estado fresco por meio de ensaios de consistência normal e índice de consistência no estado fresco;
- Avaliar o desempenho do detergente líquido com AIA convencional nas argamassas produzidas no estado endurecido por meio de ensaios de resistência de aderência a tração na flexão e à compressão no estado endurecido;
- Classificar as argamassas produzidas segundo a NBR 13281 (ABNT, 2005c).

## 1.2 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está dividido em cinco seções principais. A Seção 1 apresenta toda contextualização, problematização, justificativa e propósito do trabalho. A Seção 2 apresenta o referencial teórico com um levantamento bibliográfico sobre os componentes estudados, as propriedades das matrizes cimentícias, dos aditivos e dos detergentes. A Seção 3 apresenta os materiais e métodos, que descreve todos os procedimentos que foram realizados para o teste do AIA proposto, conforme as normas regulamentadoras vigentes. Os resultados obtidos por meio dos ensaios realizados, bem como a interpretação deles, serão abordados na Seção 4.

Na Seção 5, apresenta-se a conclusão que apresenta as principais contribuições deste trabalho para o meio científico.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

A argamassa é um material composto por um ou mais ligantes, agregado miúdo (areia) e água. Quanto ao seu ligante podem ser de cal, cimento e gesso, que irão proporcionar características de aderência e endurecimento (CARASEK, 2017).

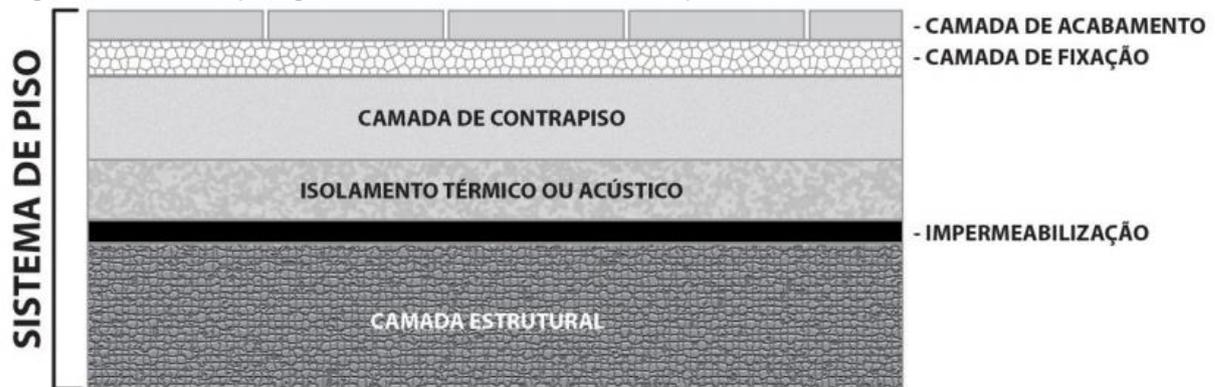
Segundo a NBR 13281 (ABNT, 2005c), quanto à função, as argamassas podem ser empregadas na construção de alvenaria, revestimento de paredes e tetos, revestimentos cerâmicos, recuperação estrutural e revestimento de pisos, em que se encontra o subgrupo argamassa de contrapiso.

### **2.1 Argamassas de contrapiso**

O contrapiso, também conhecido como camada enchimento ou piso morto com espessura compreendida entre 15 mm a 25 mm, tem por função ser uma camada de regularização da base aplicada, geralmente, sobre laje de concreto, ser o substrato para o assentamento cerâmico, além de gerar caimentos (ABNT, 1996). Além disso, deve garantir todos os aspectos previstos pela norma, como segurança contra incêndio, estanqueidade, resistência ao escorregamento, desempenho térmico, acústico e lumínico (ABNT, 2013).

O contrapiso, assim como as camadas de impermeabilização e isolantes térmico e acústico, formam o sistema de revestimento de piso apoiado sob a laje estrutural (Figura 1). Esse sistema deve atender diferentes funções, sendo as principais: servir de base para receber a camada de revestimento, proporcionar desníveis entre ambientes, transmitir as cargas de utilização para a laje e permitir o embutimento das instalações que irão passar pelo piso (BARROS, 2011).

Figura 1 – Exemplo genérico de um sistema de piso e seus elementos



Fonte: NBR 15575-3 (ABNT, 2013).

Para o emprego da argamassa, deve-se garantir que as características atendam às normas de desempenho, além de resistência suficiente para suportar as diversas solicitações, as quais o material será submetido. Outro aspecto relevante a ser considerado é viabilidade do custo de produção. Essas características são resultado de adequada composição química, que garantem comportamento apropriado no estado fresco (trabalhabilidade, consistência) e no estado endurecido (cura, resistência a compressão e a tração diametral).

Segundo Rato (2006), a variação do comportamento da argamassa se dá em cinco aspectos: desempenho, proporção dos componentes na mistura, processo de cura, aplicação e a superfície onde será aplicada. Além disso, a influência do desempenho depende diretamente das características dos componentes da argamassa: tipo de ligante, granulometria da areia, aditivos ou adições que venham a ser utilizados.

A NBR 7215 (ABNT, 2019a) determina a proporção de cada material que compõe a argamassa por meio de uma dosagem, em que o traço estabelecido é de 1:3:0,48, de cimento, areia e água, respectivamente. Assim, à medida que se aumenta a quantidade de cimento, mais água deve ser adicionada na mistura para garantir uma consistência adequada (GULBE; VITINA; SETINA, 2017).

Outro fator importante para o bom desempenho de elemento construtivo é a cura, que é uma das etapas mais importantes na produção da argamassa, controlando a umidade no componente. O intuito desse processo é manter uma umidade satisfatória, fazendo com que a água não evapore da mistura garantindo uma temperatura favorável para a hidratação dos aglomerantes. A cura influencia a

durabilidade e resistência de ataques de agentes agressivos, além de evitar fissuras por retração (JORDANI, 2016).

Assim, a cura e a aplicação, quando realizadas de forma inadequada podem favorecer a formação de patologias. Quanto à aplicação, a argamassa pode ser aplicada manualmente ou por projeção mecânica. A segunda tem sido mais empregada no Brasil, melhorando a qualidade dos revestimentos (ZANELATTO *et al.*, 2013). Nesse sentido, a superfície influencia no endurecimento do cimento devido à aderência com a base adequada. Convencionalmente, necessita-se de apicoamento, que é o procedimento que auxilia a ancoragem da argamassa à base (ASSALI, M. P.; LOH, 2011).

O emprego da argamassa em contrapiso vem gerando grande discussão pelo fato de não ser contemplada em um projeto específico, sendo deixada a execução a cargo da produção da obra, sem analisar as circunstâncias intervenientes no processo, como por exemplo: sua função, as solicitações que irão receber, a espessura do material e a base adequada para sua aplicação (BARROS; SABBATINI, 1991).

Em todo caso, a argamassa deve ser, capaz de cumprir suas funções específicas de desempenho para que se tenha uma construção de qualidade e durabilidade. Além disso, a manutenção é essencial para que não ocorra uma deterioração na argamassa, gerando um enfraquecimento da mesma (VEIGA SILVA, 2019).

## **2.2 Composição**

A argamassa, em sua estrutura mais simples, é composta da mistura de um ligante (cimento e cal), com agregados (areia) e água. Porém, para atingir determinadas propriedades, soma-se aditivos no traço (MARGALHA, 2011).

O cimento Portland é um pó fino constituído, quimicamente, de silicatos e aluminatos de cálcio, que possuem propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes. Mediante o contato com agregados e água, ocorrem reações de hidratação e, conseqüentemente, o endurecimento crescente da pasta cimentícia, formando o concreto ou argamassa. A hidratação é responsável pela formação de silicatos tricálcico ( $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) e dicálcico ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ), que são os responsáveis pela resistência mecânica do cimento. O aluminato tricálcico ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) é responsável

pela a hidratação, pouco contribuindo para a resistência mecânica. A gipsita ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) tem por função inibir a pega imediata, assim como formar a etringita. Já o ferroaluminatotetracálcico tem por função a estabilização química da composição. O hidróxido de cálcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), assim como os silicatos de cálcio hidratados (C–S–H), preenchem todo o espalho ocupado pela água e pelo cimento em dissolução (PAULA, 2006), além de ser responsável por manter o pH alcalino da pasta cimentícia.

### **2.3 Fornecimento das argamassas**

Atualmente, no Brasil, são utilizados diferentes tipos de argamassa para o contrapiso além da argamassa convencional produzida em obra. Por exemplo, há disponível no mercado a argamassa autonivelante que pode ser dividida em argamassa ensacada (industrializada) e argamassa produzida em central (RUBIN, 2015).

O contrapiso convencional é produzido com argamassa seca do tipo “farofa”, que tem sua espessura variando de acordo com sua utilização – contrapiso aderido ou flutuante, desníveis finais, entre outros. O contrapiso autonivelante possui uma única camada, devendo apresentar fluidez na aplicação, resistência mecânica, além de uma espessura adequada para sua utilização (SOUZA, 2013). O Quadro 1 apresenta as diferenças entre os tipos de argamassa utilizados em contrapiso em relação ao seu fornecimento.

Quadro 1 – Quadro comparativo das formas de fornecimento das argamassas autonivelantes e argamassa dosada em obra.

<b>Atividade/tipo de argamassa de contrapiso</b>	<b>Argamassa autonivelante ensacada (industrializada)</b>	<b>Argamassa autonivelante dosada em central</b>	<b>Argamassa dosada em obra (tipo farofa)</b>
Entrega e recebimento do material	Não depende de entrega programada	A entrega precisa ser programada com antecedência	Não depende de entrega programada
Mistura e preparo do material	Necessita de argamassadeira acoplada à bomba	A argamassa é lançada direto na bomba	A mistura é feita em betoneira convencional
Uso de mão-de-obra para preparo e aplicação	Necessita de mais mão de obra para transporte e mistura da argamassa	A mão de obra fica responsável apenas pelo bombeamento e espalhamento da argamassa	Necessita de mais mão de obra para transporte dos materiais e mistura da argamassa
Materiais utilizados	Não depende diretamente do mercado das concreteiras	Mais susceptível a variações de demanda da central em outras áreas do mercado	Materiais comuns e encontrados com facilidade em depósitos de construção
Dosagem do material	Deve-se atentar para a correta dosagem da água de amassamento	Melhor controle de dosagem	Deve-se atentar para correta dosagem dos materiais e da água de amassamento
Produção do material	A argamassa vai sendo produzida na medida em que será utilizada	A demora na entrega pode acarretar em perda do material	A argamassa vai sendo produzida na medida em que será utilizada
Infraestrutura auxiliar	O uso não depende de infraestrutura de usina próxima à obra	O uso está condicionado à presença de usina próxima à obra	O uso não depende de infraestrutura de usina próxima à obra

Fonte: Adaptado de Souza (2013).

## 2.4 Fatores que influenciam a aderência

Além das condições ambientais e métodos de aplicação do produto, as propriedades do substrato e da argamassa influenciam na aderência da argamassa ao substrato (CARASEK, 1996).

As propriedades do substrato são influenciadas pela porosidade e pela capacidade da absorção da água. Conseqüentemente, o diâmetro dos poros e rugosidade da argamassa influenciam a sucção de água.

As propriedades da argamassa são influenciadas pela capacidade de absorver deformações, trabalhabilidade, teor de ar incorporado, proporção e qualidade dos materiais empregados, além de possíveis alterações com aditivos. Os fatores extrínsecos são influenciados por diversos fatores, desde a aplicação, cura, intempéries até as movimentações que o revestimento estará sujeito durante sua vida útil (ZANELATTO, 2012).

Dentre as manifestações patológicas mais presentes na argamassa, pode-se destacar a aderência como uma das mais importantes para o seu desempenho, pois quando detectada, irá indicar que a mesma chegou no final do seu tempo de serviço, devendo ser removida para a produção de um novo revestimento (GASPAR; COLEN; BRITO, 2007).

## **2.5 Propriedades da argamassa de contrapiso**

O adequado desempenho do contrapiso depende das propriedades dele, no estado fresco e endurecido. A fim de que se tenha um controle em todo processo executivo, deve-se garantir que se cumpra todas as exigências das normas reguladoras vigentes.

### *2.5.1 Propriedades do estado fresco*

O contrapiso no estado fresco deve apresentar diversas características que proporcionem uma aplicação adequada no substrato e que estejam nos parâmetros mínimos de aceitabilidade. As principais são a trabalhabilidade, a aderência inicial, retenção de água, a massa específica e o teor de ar incorporado.

#### **2.5.1.1 Trabalhabilidade**

Dentre as diversas características presentes na argamassa no estado fresco, a que mais se destaca é a trabalhabilidade. Essa propriedade é determinada pela relação água/cimento, regida pela (ABNT, 2018), para a produção da pasta. Além disso, a interação do agregado, determinado de acordo com a granulometria, com o cimento tem influência na trabalhabilidade da argamassa produzida. Essa característica no contrapiso afeta outras, destacando-se à compacidade e textura,

além de levar em consideração o grau de compactação estabelecidos na utilização do contrapiso (BARROS; SABBATINI, 1991).

#### 2.5.1.2 Aderência inicial

Segundo Carasek (2007), quando a argamassa, em seu estado plástico, entra em contato com a superfície do substrato, a água de amassamento entra entre os poros e cavidades do substrato fazendo com que, dentro desses poros, aconteça uma ancoragem da argamassa à base, devido à precipitação dos produtos de hidratação do cimento e da cal após algum tempo. Com isso, foi constatado que, quanto maior o contato entre a argamassa e o substrato, maior será a aderência.

As técnicas de aplicação da argamassa no substrato, compressão com colher ou alisamento com régua, são as etapas que buscam potencializar a aderência entre elas. Porém, nas etapas de acabamento, quando se utiliza as técnicas de sarrafeamento e raspagem que também influenciam na aderência, podem ocorrer problemas de fissuração. Destaca-se que a projeção mecânica da argamassa gera um ganho de 50% na adesão inicial quando comparados a projeção manual devido a menor interferência humana no processo (ZANELATTO *et al.*, 2013).

#### 2.5.1.3 Retenção de água

Espera-se que a argamassa em seu estado fresco, mantenha sua trabalhabilidade quando for sujeita a solicitações que provoquem a perda da água de amassamento causada pela evaporação ou pela absorção da água no substrato. O ensaio de retenção de água pode ser realizado através NBR 13277 (ABNT, 2005a). Essa propriedade se torna mais relevante quando a argamassa está em situações climáticas desfavoráveis ou quando é aplicada em substrato com alta sucção de água. Nessas situações, a capacidade de retenção de água da argamassa irá interferir no processo de acabamento e na retração plástica (CARASEK, 2007).

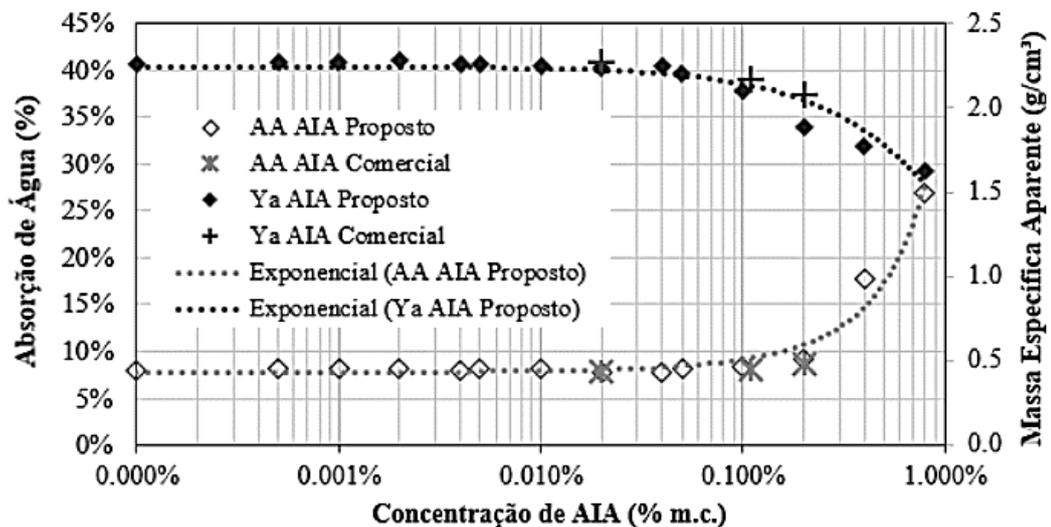
#### 2.5.1.4 Massa específica e teor de ar incorporado

O teor de ar incorporado, expresso porcentagem, são bolhas de ar localizadas dentro da argamassa ocasionadas pelo erro na produção ou utilização de

um AIA. As bolhas de ar podem ter tamanho médio de 3 mm e sua presença envolve pontos positivos e negativos. Os pontos positivos consistem em melhorar a durabilidade, a coesão, a trabalhabilidade e diminuir a densidade de massa. O ponto negativo corresponde à redução da resistência (BIAVA, 2017).

À medida que aumenta a concentração total de ar incorporado na argamassa, maior a diminuição da massa específica. Essa relação é observada na Figura 2.

Figura 2 – Absorção de água e massa específica para a argamassa referência, com detergente (aditivo proposto) e com aditivo comercial.



Fonte: Mendes *et al.* (2016).

Segundo Mendes *et al.* (2016), concentrações acima de 0,2% geram perda da massa específica quando comparadas a concentrações menores. No traço referência foi encontrado uma massa específica de 2,26g/cm<sup>3</sup>, já no maior traço proposto de 0,8% foi encontrado 1,63g/cm<sup>3</sup>, ocasionando uma redução de 28% na massa específica da mistura.

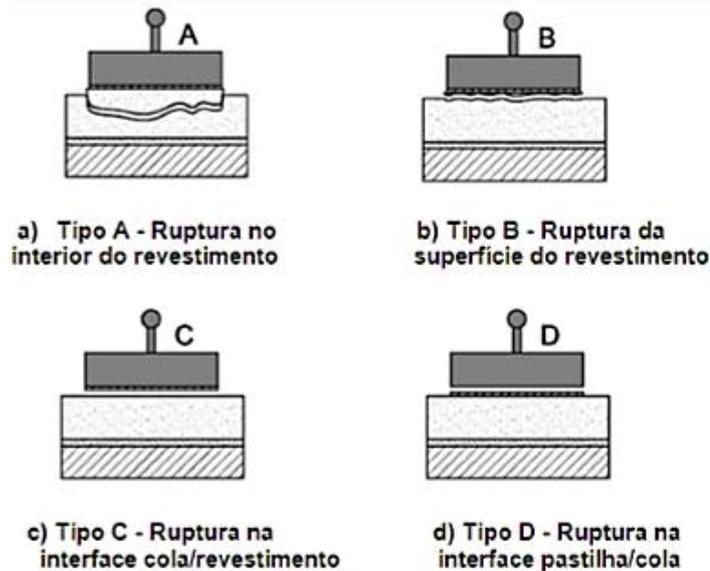
### 2.5.2 Propriedades do estado endurecido

As propriedades no estado endurecido permitem avaliar o desempenho das argamassas, envolvendo o uso, a vida útil e possíveis manutenções necessárias. Entre as propriedades avaliadas, as principais são a aderência, a resistência mecânica e o coeficiente de capilaridade.

### 2.5.2.1 Aderência

Segundo a NBR 13528-1 (ABNT, 2019d), a aderência adequada garante a resistência às tensões provenientes da interação da argamassa com a superfície ou com o substrato. Também conhecido como ensaio de arrancamento, busca avaliar a aderência da argamassa através da resistência à tração. Ele consiste em um corpo de prova de seção circular em que se aplicado um esforço normal de tração simples. Essa ruptura pode ocorrer dentro do revestimento, na superfície do revestimento, entre a cola e o revestimento ou entre a pastilha e a cola, conforme esquematizado na Figura 3.

Figura 3 – Formas de ruptura do corpo de prova.



Fonte: NBR 13528-3 (ANBT, 2019e).

Atualmente, não existe norma que regulamente o ensaio de aderência para contrapiso, apenas para o teste de aderência de revestimento de paredes e revestimento cerâmico assentados com argamassa colante.

### 2.5.2.2 Resistência mecânica

A resistência mecânica é a propriedade relacionada à capacidade de suportar cargas que resultam de tensões internas de tração, compressão e

cisalhamento, tendo como exemplo de solicitações cargas de impactos, contração, abrasão superficial e expansão do revestimento (CARASEK 2007).

Segundo a NBR 13279 (ABNT, 2005b), para a verificação da resistência mecânica da argamassa, pode-se realizar o ensaio de resistência a tração na flexão e compressão, através do rompimento de três corpos de provas prismáticos após a cura de 28 dias, seguindo os procedimentos estabelecidos na norma.

### 2.5.2.3 Coeficiente de capilaridade

O coeficiente de capilaridade é a propriedade que representa a porosidade presente na argamassa, que afeta diretamente a capacidade de absorção da água devido às conexões nos poros da argamassa, conforme ilustrado na Figura 4. O coeficiente de capilaridade apresenta uma relação inversa à resistência mecânica, pois quanto maior a capilaridade, menor a resistência à compressão e à tração na flexão (BIAVA, 2017).

Figura 4 – Representação esquemática dos poros na argamassa



Fonte: Adaptado de BIAVA (2017).

### 2.5.3 Argamassas de alto desempenho

No que diz respeito ao desenvolvimento de materiais inovadores, as argamassas de alto desempenho vêm ganhando espaço. Isso porque a utilização de apenas um ligante em argamassas, devido seus diferentes tipos de solicitações, resulta problemas como retração e, conseqüentemente, fissuras. No intuito de resolver problemas relacionado à composição das argamassas, a utilização de

aditivos que diminuam a quantidade de materiais presentes na mistura ou que melhore suas características físicas, tem sido alvo de diversos estudos (FERREIRA, 2015).

## 2.6 Aditivos

A industrialização da construção é um fenômeno irreversível e os aditivos surgem como materiais-chave na obtenção de argamassa de alto desempenho, fornecendo uma variedade de propriedades e características especiais ao material (CASTRO; QUARCIONI, 2013).

Segundo a NBR 11768-1 (ABNT, 2019b), os aditivos são produtos que, ao serem adicionados ao cimento Portland, melhoram suas características. Assim, podem ser definidos como qualquer tipo de material não essencial à mistura que é acrescentado em pequenas quantidades, antes ou durante o processo, com exceção dos seus componentes básicos que são a água, o cimento e os agregados, que melhorem de alguma forma as funções da argamassa no estado fresco e/o endurecido (RESENDE, 2010).

Aumentar a durabilidade dos elementos estruturais de um edifício, fornecendo propriedades específicas e melhorando seu desempenho continua sendo um dos maiores objetivos da construção civil. A busca por essas características faz com que se utilize uma composição específica para cada fim, adicionando, em muitos casos, aditivos de natureza mineral e orgânica que objetiva um material com propriedades com a finalidade desejada (AKCHURIN; TUKHARELI; PUSHKARSKAYA, 2016).

Devido a elevada utilização dos aditivos na construção civil, tem-se considerado essas substâncias como o quarto elemento da composição do traço da argamassa, devido à necessidade se obter características específicas (DEMORI; SILVA, 2015).

Uma ampla variedade de aditivos dificulta a escolha da alternativa mais adequada a ser empregada. Os fabricantes buscam melhorar qualidade por reduzir o consumo de cimento ou água, aumentar a trabalhabilidade ou plasticidade, retardar ou acelerar o tempo de pega. Esses fatores permitem o ganho de produtividade e economia dos insumos empregados no processo (AKCHURIN; TUKHARELI; CHEREDNICHENKO, 2016).

Quando um aditivo é produzido, passa por uma verificação em diferentes parâmetros de suas características físicas e químicas com o objetivo de analisar a uniformidade dos produtos de um ou mais lotes presentes no mercado na forma líquida, pastosa e sólida. A NBR 11768-3 (ABNT, 2019c), estabelece ensaios de uniformidade dos aditivos empregados em argamassas e concretos, que são: determinação do pH, teor de sólidos, massa específica e teor de cloretos.

A NBR 11768-1 (ABNT, 2019b), que versa sobre aditivos para concreto de cimento Portland classifica os tipos de aditivos, como: Tipo P – aditivos plastificantes; Tipo R - aditivo retardador; Tipo A – aditivo acelerador; Tipo PR – aditivo plastificante retardador; tipo PA – aditivo plastificante acelerador; Tipo AIA – aditivo incorporador de ar; Tipo SP – superplastificante; Tipo SPR – aditivo superplastificante retardador; Tipo SPA – aditivo superplastificante acelerador.

### 2.6.1 AIA

O AIA é um produto que incorpora pequenas bolhas de ar no concreto ou argamassa, com objetivo de melhorar a trabalhabilidade e diminuir a relação água:cimento, além de possuir resistência aos ciclos de congelamento (MARTINS; MENDES; RODRIGUES, 2017).

O aditivo em questão tem como característica promover uma redução na tensão superficial ar/água, fazendo com que possibilite a introdução de pequenas bolhas no cimento aumentando a plasticidade pelo fato de diminuir o atrito entre os sólidos, fazendo com que se tenha uma maior impermeabilidade, reduzindo a segregação e exsudação (SANTOS, 2013).

Segundo Moro (2017), o teor de ar incorporado e a distribuição dos vazios são influenciados por diversos fatores (Quadro 2).

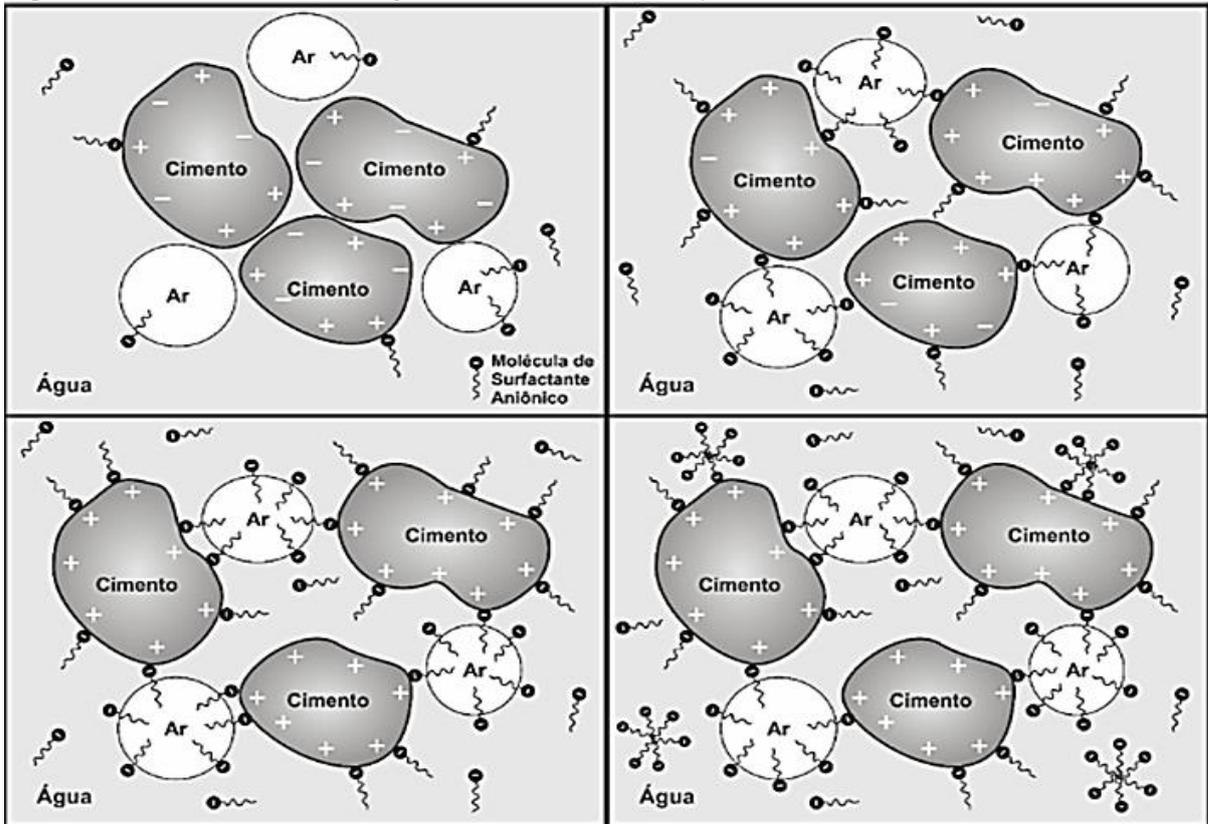
Quadro 2 – Fatores que influenciam o teor de ar incorporado e a distribuição dos vazios

Fatores	Características
Dosagem do aditivo	Quanto maior a proporção de aditivo, mais bolhas serão incorporadas
Velocidade e tempo de mistura	Quanto maior a velocidade, mais ar será incorporado, caso o tempo de mistura seja ultrapassado, isso poderá ocasionar uma diminuição das bolhas
Vibração	Reduz a quantidade de bolhas na argamassa
Temperatura	Quanto maior a temperatura, menor será o ar incorporado na mistura
Utilização de outros aditivos	O aditivo incorporador de ar não deve ser adicionado em conjunto com outro e sim separadamente, pois essa mistura pode ocasionar uma reação que iria gerar uma diminuição de bolhas de ar dentro da argamassa

Fonte: Adaptado de Moro (2017).

Os vazios dentro do concreto ou da argamassa são instáveis, logo possuem vida útil. A funcionalidade do AIA é fazer com que essas bolhas se estabilizem, não coalesçam, não emerjam a superfície proporcionando bolhas de tamanhos adequados ao longo da argamassa. O mecanismo de incorporação de ar dentro da argamassa se dá por meio de dois processos, interação na fase ar-água e sólido-água, como ilustra a Figura 5. Na fase ar-água, os grupos polares se orientam em direção à fase aquosa, criando bolhas e fazendo com que as que existem não se desfaça. Na fase sólido-água, os grupos polares se ligam ao cimento e os apolares se movimentam em direção à fase aquosa, fazendo com que o ar fique ligado às outras partículas sólidas em formas de bolhas (MENDES, 2016).

Figura 5 – Mecanismo de ação dos aditivos incorporadores de ar



Fonte: Mendes (2016) e adaptado de Mehta e Monteiro (2014).

Muitos materiais podem ser utilizados como aditivo incorporador de ar devido suas características de compatibilidade com os demais componentes do concreto ou da argamassa, como por exemplo: resina visnol, proteína, óleo de motor, além do grupo do alquil sulfonatos (CINTRA, 2015).

As bolhas de ar funcionam como esferas e rolamento gerando uma maior fluidez na mistura. Os diâmetros das bolhas variam de 100 a 300  $\mu\text{m}$ , devendo levar em consideração que as proporções de ar incorporado variam de acordo com a quantidade de agregado (areia) adicionada. Logo, o aumento da quantidade de ar faz com que se tenha agregados de diâmetros menores (OTTONI; LUBECK; MOHAMAD, 2017).

Devido à dificuldade de penetração de água ocasionada pela homogeneidade das bolhas de ar, esse efeito faz com que aumente a resistência à ação contra agentes agressivos, como ácido, cloretos e outros elementos da atmosfera (BRASIL; AIA, 2016).

Dentre os diversos tipos de incorporadores de ar, citamos o tensoativo não iônico, microesfera de polímero e superplastificante de resinas naturais. O tensoativo

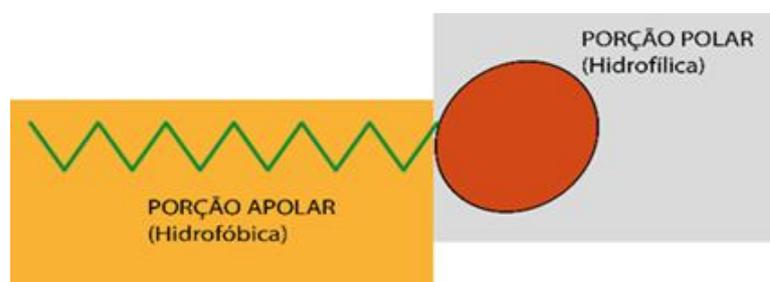
não iônico atua na trabalhabilidade da mistura, diminuindo o fator água:cimento. As microesferas de polímero possuem uma densidade muito baixa, dando características de plasticidade à mistura. O superplastificante de resinas naturais são conhecidos como redutores de água de alta eficiência (SANTOS, 2013).

Além do AIA, outros aditivos plastificantes e superplastificantes também possuem tensoativos em sua composição. Em geral, suas diferenças se dão na quantidade de cadeias hidrofílicas ou polares, além do tamanho das moléculas. Dentre os diversos tipos de surfactantes que compõem os aditivos incorporadores de ar, os mais utilizados são as resinas de madeira neutralizadas, ácidos gordurosos, alquil-aril sulfonato, alquil sulfonato, etoxilatos fenólicos (MENDES, 2016).

## 2.7 Surfactantes

Os surfactantes, também conhecidos como tensoativos, contém em sua composição uma porção polar e uma porção apolar, que têm funções distintas: uma atrai e a outra repele a água, respectivamente (Figura 6). A reação com o concreto se dá por meio da porção polar (hidrofílica) ligadas à porção apolar (hidrofóbica). Em contato com o cimento, essas moléculas reagem proporcionando uma maior trabalhabilidade e um menor consumo de água (CAROLINA; SCHEEREN, 2017).

Figura 6 – Esquema representativo de uma molécula de tensoativo

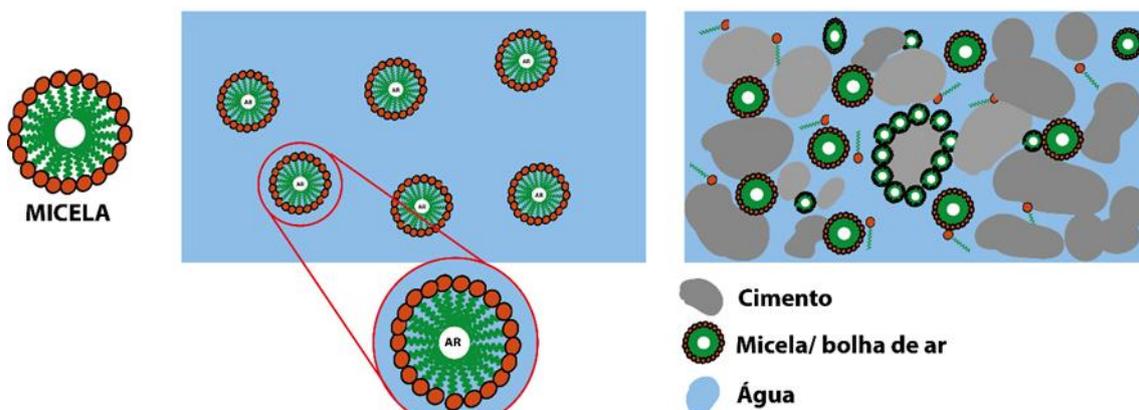


Fonte: Adaptado de Daltin (2011).

Os tensoativos estão entre os produtos mais versáteis da indústria química, devido suas diversas propriedades e sua grande eficiência. É empregado em processos como umectância, emulsificação, detergência, solubilização entre outros. Vem sendo utilizado em processos primários ou como componente que elevem os desempenhos finais de produtos de diversos segmentos (SOARES, 2017).

Uma característica importante dos surfactantes é que, quando em contato com a água para concentrações elevadas, ocorre a formação de agregados organizados com um elevado número de moléculas, denominado micelas (Figura 7). Essas estruturas possuem uma porção formada por grupos polares que tem afinidade com a água, enquanto que as cadeias de alquil (apolares) evitam o contato com a água (QUEDA, 2017).

Figura 7 – Esquema de possível mecanismo de formação de bolhas de ar com a incorporação do AIA em água e ancoragem das bolhas nas pastas cimentícia



Fonte: Adaptado de Torres *et al.* (2014).

Para a utilização de tensoativos, é necessário compreender a relação entre composição e propriedades. A seleção da mistura deve buscar características, como: compatibilidade com outros componentes (adjuvantes, solventes e outros tensoativos), baixa irritação para a pele, viscosidade em sua formulação, entre outros (QUEDA, 2017). A estrutura de um surfactante pode ser representada como R-X, em que R contém uma cadeia com hidrocarbonetos com 8 a 18 átomos (normalmente linear) e X é o grupo polar. A classificação de X pode variar como não aniônicos, catiônicos, aniônicos ou anfóteros (SILVA *et al.*, 2015).

A espuma é uma característica indispensável no estudo dos tensoativos, podendo ser ocasionada pela alteração de pressão como na abertura de uma cerveja, assim como também pela simples agitação da mistura, por ebulição e pelo borbulhamento. A viscosidade também se apresenta como uma característica essencial para os surfactantes, sendo utilizada para melhorar a estética de uma formulação ou atender a demanda do consumidor (QUEDA, 2017).

A polaridade é uma das características que deve ser levada em consideração quando se escolhe um tensoativo. As principais funções dos tensoativos

se dá através da emulsão, detergentência e a formação de espumas (DALTIM, 2011). Em relação à classificação dos tipos de tensoativos (Quadro 3), separa-se pelos seus respectivos grupos, polar (hidrofílico) e apolar (hidrofóbico).

Quadro 3 – Classificação dos tipos de tensoativos

<b>Tensoativos</b>		
Polar (hidrofílico)	Aniônicos	Sabões
		Sulfonados
		Sulfatados
		Carboximetilados
		Fosfatados
	Catiônicos	Quaternário de amônio
		Óxidos de amina
		Etoxiaminas
		Aminas graxas e toxiladas
		Catiônicos não nitrogenados
	Não Iônicos	Etoxilação
		Álcoois e alquilfenóis cíclicas
		Alcanolmidas
		Ésteres de ácidos graxos
		Alquilpoliglicosídeos
Apolar (hidrofóbico)	Ácidos graxos naturais	
	Parafinas	
	Olefinas	
	Alquilbenzenos	
	Álcoois	
	Alquilfenóis	
	Prolipropilenoglicóis	

Fonte: Adaptado de Daltin (2011).

Entre as principais aplicações dos tensoativos, destacam-se a emulsão, detergentência e espuma. Em uma análise de um béquer com água, óleo e um tensoativo, a emulsão provoca a formação de estruturas recobertas por tensoativos perpendiculares à interface água-óleo. Para garantir uma emulsão eficiente, faz-se necessário a utilização de dois tipos de tensoativos. No contexto sobre a detergentência, ainda utilizando os aspectos da emulsão, em que as micelas irão se posicionar nas superfícies do óleo e do substrato, com o auxílio da agitação e o aquecimento, irão

proporcionar a retirada da sujidade da superfície. Em decorrência do processo de agitação, irá ocorrer a formação de espumas que, em processos, industriais reduz a capacidade dos equipamentos. Em produtos de limpeza, a espuma é muito associada pelas pessoas com a eficiência do detergente, mas sua principal função é impedir que a água facilmente o leve, ficando suspensas até o enxague (DALTIM, 2011).

Na composição dos AIAs, as moléculas surfactantes absorvem a superfície dos grãos de cimento por meio de interações eletrostáticas, que tem característica de aumentar a hidrofobia dos grãos, modificando a atração que as partículas, alternando assim o comportamento reológico e a reação de hidratação da matriz (MENDOZA REALES *et al.*, 2018).

Uma das problemáticas que os materiais tensoativos soluciona é a corrosão do aço devido a ação de cloretos em estrutura de concreto armado, fazendo com que este afete a durabilidade da estrutura pelo fato dos íons de cloreto chegar em um ponto crítico destruindo a camada de proteção de estrutura, permitindo o início da corrosão no aço. Estudos que evidenciam a relação entre surfactantes catiônicos, aniônico e não aniônicos, demonstram que, não importa como é adicionado o surfactante na mistura, mas sim que o que causa uma diminuição da capacidade de ligação dos cloretos advém de adições posteriores de vários surfactantes (XU *et al.*, 2016).

Nos tensoativos aniônicos, quando em contato com a água, a extremidade hidrofílica se ioniza, produzindo íons negativos. Possuem pH superior a 8, sendo representados por sabões de ácidos graxos, polifosfóricos, alquil éter sulfato. Em relação aos outros tipos de tensoativos, apresentam elevado poder de espuma, detergência e umectância (SOUZA, 2009).

Os tensoativos catiônicos, quando em contato com a água, produzem íons orgânicos positivos. Possuem seu pH entre 3 a 7, sendo utilizados como bactericidas em desinfetantes, antissépticos, descongestionantes nasais e não recomendado para a indústria cosmética, devido a sua irritação à pele e aos olhos.

Os tensoativos anfóteros, quando em contato com uma solução com pH elevado, ioniza-se negativamente. Quando em pH elevado, se ioniza positivamente. Possui pH entre 3 a 10, sendo dividido em dois grupos: os de pH dependente (cremes, sabonete líquidos, géis para banho, xampus infantis) e os de não pH dependente (detergentes)(SOUZA, 2009).

O Quadro 5 mostra um comparativo dos tipos de tensoativos, apresentando suas principais características, o mercado brasileiro, seus principais produtos e seus produtos fins.

Quadro 4 – Classificação dos tipos de tensoativos

	<b>Tensoativos aniônicos</b>	<b>Tensoativos não-iônicos</b>	<b>Tensoativos catiônicos</b>	<b>Tensoativos anfóteros</b>
Características	Região polar apresenta carga negativa	Não apresentam cargas verdadeiras	Região polar apresenta carga positiva	Dependendo do pH de solução, se comportam como aniônicos ou catiônicos
Mercado brasileiro	Subsegmento de tensoativo mais utilizado (volume e vendas)	Segundo subsegmento, mas utilizado (volume e vendas) e com maior variedade em número de moléculas	Obteve o maior crescimento (volume e vendas) em 2012. Possui maior projeção de crescimento até 2018	Subsegmento menos representativo no mercado nacional e mundial
Principais produtos	LAS (Alquilbenzeno sulfonato linear) LESS (laurel éter sulfato de sódio)	Polietilenoglicóis Álcoois, alquilfenóis e aminas etoxiladas	Sais de quaternários de amônio	Bataínas
Principais produtos consumidores	Sabões em pó para roupas, detergentes para louça e xampus	Detergentes, produtos de limpeza industrial, outras aplicações industriais e emolientes e umectantes para cosméticos	Limpeza industrial e institucional, amaciantes e detergentes	Xampus, sabões líquidos e detergentes para louça

Fonte: De campos 2017, adaptado de Frost and Sullivan (2013, apud Bain & Company e Gas Energy. 2014, p. 4).

## 2.8 Detergentes líquidos

A disseminação do uso do sabão se deu devido a incidência de ordem sanitária, proveniente da Peste Negra, devido à falta de manutenção da higiene e limpeza. Porém, a utilização do sabão em meio ácido trouxe problemas, impulsionando o estudo entre as reações químicas melhorando suas características, além da inserção de novas matérias-primas. Deu-se, então, início à indústria do detergente. A partir disso, houve a introdução de detergentes sintéticos no mercado, formando os alquilsulfonatos, que está presente em pastas de dente, xampu, entre outros cosméticos. Com a chegada da segunda guerra mundial, devido à escassez de óleos e gorduras, além da necessidade de um material que tivesse eficiência em

condições adversas (águas geladas, águas do mar, excedentes de petróleo, entre outros), surgiu o produto derivado do petróleo, denominado de alquilbenzenossulfonatos de cadeia ramificada (QUEVEDO, 2015).

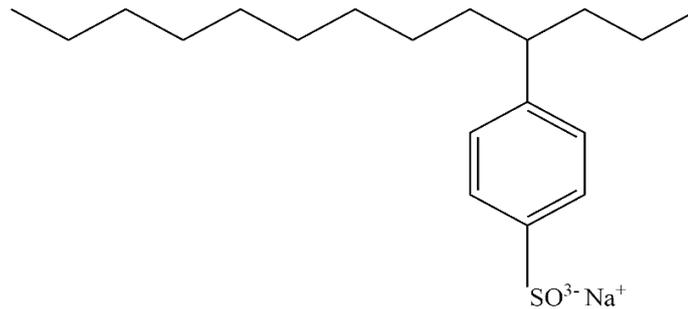
Atualmente, a composição do detergente evoluiu consideravelmente, tornando-se bem mais aprimorada. Muito pelo fato de ter havido uma crescente demanda nos produtos domésticos, em que esses produtos possuem cada vez mais eficiência, sendo menos agressivos às superfícies, à saúde humana e ao meio ambiente. Para o consumidor, a espuma do detergente é sinal de um material eficaz, porém não existe comprovação que relacione a quantidade de espumas com a limpeza (MENDES, 2016).

Os detergentes são substâncias derivadas do petróleo que tem por função a remoção de sujeiras, com substâncias capazes de emulsionar óleos, colocando as sujeiras em suspensão, sem danificar o substrato. Além disso, os consumidores podem buscar esse tipo de material pelo fato de possuir características: espumante, perfumados, fácil aplicação, viscosidade adequada, entre outros. As matérias primas que compõem os detergentes estão divididas em: tensoativos, solventes, adjuvantes, conservantes e modificadores de reologia (QUEDA, 2017).

Para a formulação dos detergentes, os surfactantes assumem um papel essencial em sua mistura, pois ele modifica a interface entre duas ou mais fases para promover a dispersão entre elas. Ou seja, ele deve molhar a superfície e reduzir a tensão superficial entre o substrato e a água. Essa característica anfílica de se concentrarem nas interfaces deriva dos elementos hidrofílicos e hidrofóbicos que compõem sua estrutura (SHOWELL, 2006).

Dentre as diversas composições de detergentes, o alquilbenzeno sulfonato de sódio (LAS) é amplamente empregado em produtos de limpeza pelo fato de possuir um baixo custo, sendo caracterizado por tensoativo aniônico formado por grupo sulfonado e por uma cadeia alquílica, com cerca de 10 a 14 carbonos como mostra a Figura 8 (SILVA *et al.*, 2015).

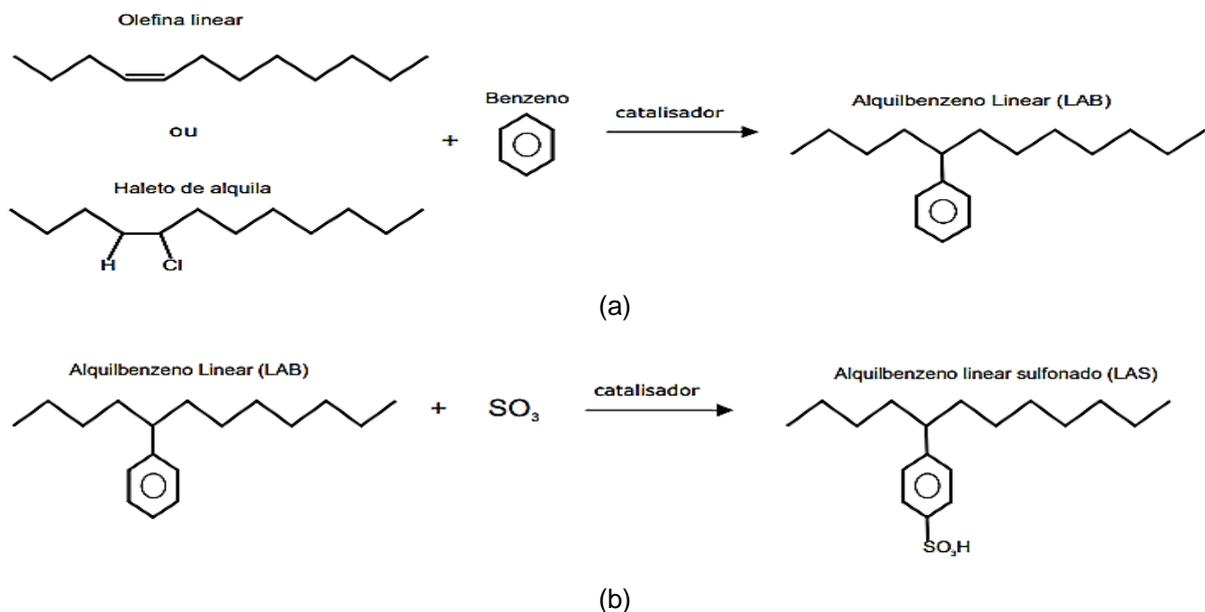
Figura 8– Estrutura Alquilbenzeno sulfonato de sódio



Fonte: Próprio autor.

De modo a complementar as informações advindas na ilustração anterior (Figura 7), “a obtenção do LAS se dá pela sulfonação do alquilbenzeno linear (LAB) utilizando agentes sulfonantes como: ácido sulfúrico concentrado, oleum ou sulfito gasoso, como mostra a Figura 9. O LAB por sua vez é obtido através da reação de alquilação de Friedel-Crafts do benzeno com olefinas lineares ou haletos de alquilas. Neste processo, podem ser utilizados como catalizadores: ácidos fluorídricos,  $\text{AlCl}_3$ , mistura de zeólitas e óxidos metálicos. Dependendo do processo e do catalizador utilizado na obtenção do LAS, a sulfonação pode não ser completa restando um resíduo de LAB de 1 a 3% e outros compostos orgânicos, ou favorecer a formação de isômeros com baixas taxas de biodegradação” (SOUZA, 2009, p.91).

Figura 9 – Esquema das reações de obtenção do LAB e do LAS. (a) reação de alquilação de uma olefina ou de um haleto de alquila resultando na formação do LAB. (b) reação de sulfonação do LAB resultando na formação do LAS



Fonte: Adaptado de Souza (2009).

A classificação do detergente de acordo com a finalidade é separada em dois grandes grupos: para uso industrial (aplicados a processos produtivos de

alimentícios, têxtil, bebidas, automobilísticos, entre outros), e para uso doméstico (aplicados para a limpeza pessoal, uso em lavanderias, uso em cozinhas e limpeza residencial) (QUEVEDO, 2015).

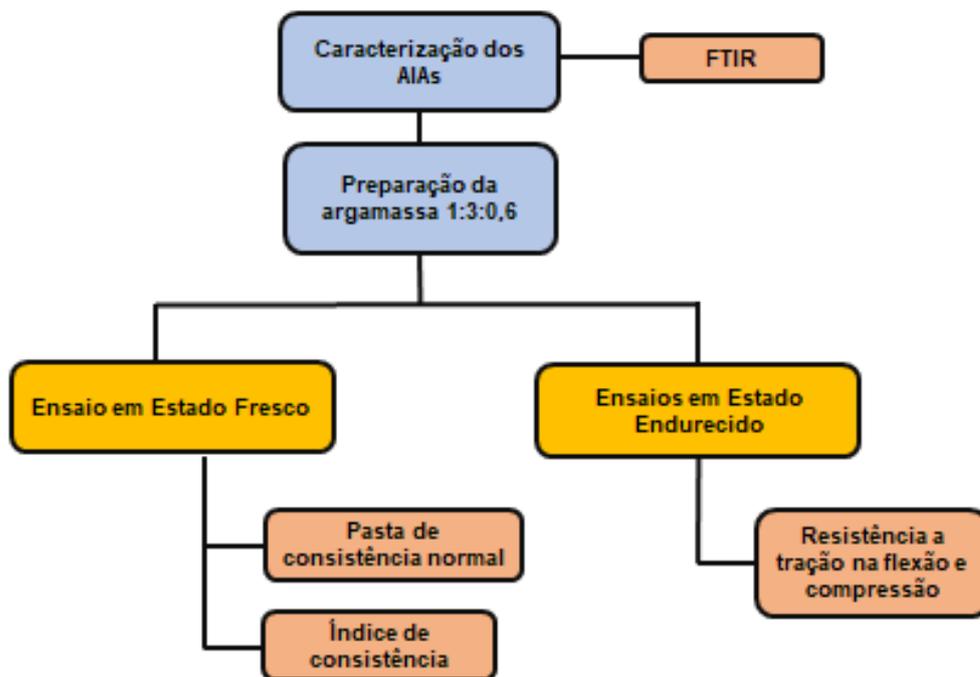
Mendes (2017) e colaboradores investigaram a substituição do AIA por um detergente líquido comercial em concreto, avaliando diferentes proporções dessa substância. Os resultados relatados indicaram aspectos positivos e negativos do emprego desse aditivo experimental. Por exemplo, constatou-se uma maior incorporação de ar e um sistema de vazios estável, corroborando para uma maior trabalhabilidade e menor massa específica. Por outro lado, as propriedades mecânicas foram afetadas significativamente com o aumento das proporções.

Portanto, o presente estudo busca, com base nos resultados relatados por Mendes (2017), avaliar a viabilidade da substituição do AIA comercial por detergentes comerciais em argamassa de contrapiso, considerando as especificidades da argamassa.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa é classificada, quanto aos fins, como exploratória e, quanto aos meios, como experimental. Avaliou-se a utilização do detergente líquido convencional como aditivo incorporador de ar em argamassas. Para isso, foram realizados ensaios físico-químicos e mecânicos descritos no fluxograma apresentado na Figura 10.

Figura 10 – Fluxograma dos ensaios realizados



Fonte: Próprio autor.

#### 3.1 Materiais

Utilizou-se o cimento Poty (CP II F) da Votorantim, que é amplamente empregado na região de Fortaleza e que pode ser empregado na preparação de contrapiso, reboco, concreto convencional e laje. De acordo com as informações fornecidas pela fábrica, o produto possui características de secagem rápida, maior produtividade e alta resistência.

A areia utilizada foi fornecida pelo Centro Universitário Christus, adquirida em depósito de material de construção em Fortaleza, peneirada e passante na peneira de 6.3 mm, como mostra a Figura 11.

Figura 11 – Peneiramento da areia utilizada



Fonte: Próprio autor.

A água de amassamento utilizada foi fornecida pelo sistema de abastecimento da cidade de Fortaleza (Cagece).

O AIA utilizado foi o EUCON AIR 1 da marca Viapol®, que é composto por resinas naturais de alto desempenho, com finalidade de formar microbolhas estáveis e bem distribuídas na mistura.

O detergente utilizado foi o lava-louças Ypê Clear®, que possui em sua composição tensoativos aniônicos, sequestrante, conservantes, corante, fragrância e água.

### 3.2 Preparo das argamassas

Foram produzidas argamassas utilizando o traço 1:3:0,6, sendo uma adaptação da NBR 7215 (ABNT, 2019a), que recomenda o traço 1:3:0,48 com baixa relação a/c (relação água cimento), que representa o limite de fluidez da argamassa. A quantidade dos materiais está exposta na Tabela 1.

Tabela 1 – Materiais utilizados na produção da argamassa

<b>Materiais</b>	<b>Massa (g)</b>
CP II F	1000
Areia Fina	3000
Água	600

Fonte: Próprio autor.

As argamassas foram produzidas com a dosagem base de aditivo incorporador de ar, base recomendada pelo fabricante. O detergente comercial foi adicionado em três proporções diferentes, conforme a Tabela 2. Procedeu-se dessa maneira para que, posteriormente, seja possível estabelecer, através da análise de resultados, a quantidade mais adequada de forma a não alteração no seu desempenho.

Tabela 2 – Dosagem dos aditivos para a produção da argamassa

Proporção	AIA (%)	Detergente (%)
1		0,20%
2	0,30%	0,30%
3		0,40%

Fonte: Próprio autor.

As porcentagens apresentadas na Tabela 2 foram calculadas de acordo com o peso do cimento utilizado no traço, baseadas nas proporções utilizadas por Mendes (2016) que adicionou 0,1% a 0,8% de cimento.

### 3.3 Caracterização dos AIAs avaliados

#### 3.3.1 FTIR

Os AIAs foram submetidos à medida no equipamento FTIR 8300, do Departamento de Química Orgânica e Inorgânica da Universidade Federal do Ceará, serão realizados após o processo de prensagem, a obtenção dos espectros a partir do número de onda de 4000 a 450  $\text{cm}^{-1}$ , com 32 varreduras e uma resolução de 4  $\text{cm}^{-1}$  (CARVALHO *et al.*, 2020).

### 3.4 Ensaio no estado fresco

No estado fresco, foram realizados os ensaios de determinação de pastas de consistência normal e índice de consistência, descritos a seguir.

#### 3.4.1 Determinação da pasta de consistência normal:

Esse ensaio foi realizado conforme a NBR 16606 (ABNT, 2018) e consiste na verificação do teor de água necessário na mistura, o que influencia nas características como durabilidade e resistência do elemento fim. O procedimento se baseia na separação da amostra de cimento que permanece na sala de ensaio com antecedência a fim de garantir a estabilização da temperatura em relação ao ambiente. Para a preparação da pasta, foi utilizada a massa de cimento de 500 g e a massa da água foi determinada por meio tentativas. Com o auxílio de um misturador mecânico, foi produzida a pasta homogeneizada com baixa velocidade por um período de 30 s. Após o equipamento ser desligado, foi realizada a raspagem com uma espátula, empurrando todo o material presente nas paredes para o fundo do recipiente, para que sejam misturadas por mais 60 s em alta velocidade.

Para a determinação da consistência, foi formatada a pasta produzida em um molde, arrastando e tirando o excesso com o auxílio de uma régua metálica. Posteriormente, foi colocado o molde sobre o aparelho de Vicat, de modo centralizado e, posteriormente soltar a haste. A consistência da amostra é considerada adequada caso a haste fique a uma distância de 5 a 7 mm da base (Figura 12) após 30 segundos após ser solta.

Figura 12 – Ensaio de consistência normal



Fonte: Próprio autor.

Para cálculo da quantidade de água necessária para a consistência normal, foi utilizada a Equação 1, em que  $A$  é a quantidade de água expressa em porcentagem (%);  $m_a$  é massa da água em gramas (g); e  $m_c$  representa a massa do cimento em gramas (g).

$$A = \frac{m_a}{m_c} \cdot 100 \quad (1)$$

### 3.4.2 *Índice de consistência*

O índice de consistência foi realizado conforme a NBR 13276 (ABNT, 2016). O ensaio consiste na verificação do índice de consistência da argamassa, utilizando a mesa de consistência. O procedimento consiste na produção da argamassa com os traços descritos no Tópico 3.1 para as diferentes proporções de aditivos. Produzido o traço, este preenchido no molde troncônico em três camadas com alturas iguais sujeito cada camada respectivamente a quinze, dez e cinco golpes realizados por um soquete metálico (Figura 13). Posteriormente foi realizado o arrasamento do molde troncônico com uma régua metálica para que se possa assim retirar o molde verticalmente. Após todos esses procedimentos foi realizado 30 golpes em 30 s na amostra através da manivela da mesa de consistência. Imediatamente após os golpes foram realizados através de um paquímetro medições em três diâmetros e registrados as medidas. Os resultados foram expressos pela média das três dimensões comparando as realizadas com o aditivo comercial e com o aditivo proposto.

Figura 13 – Execução do índice de consistência: (a) preenchimento do molde em 3 camadas aplicando golpes com soquete metálico; (b) Arrasamento do molde para execução dos golpes pela mesa de consistência



(a)

(b)

Fonte: Próprio autor.

### 3.5 Ensaio no estado endurecido

No estado endurecido, foram realizados os ensaios de resistência de aderência à tração na flexão e resistência à compressão axial, descritos a seguir.

#### 3.5.1 Ensaio de resistência à tração na flexão e a compressão axial

O ensaio de resistência de aderência à tração e à compressão foi realizado conforme a NBR 13279 (ABNT, 2005b) que consiste em determinar a resistência a compressão axial e a resistência a tração na flexão.

O procedimento consistiu na produção de três corpos de prova (Figura 14) para cada traço. Esses corpos de prova permaneceram por 48 h em repouso e, em seguida, desmoldados. As rupturas foram realizadas aos 28 dias, com tolerância de 8 h. Ao todo, foram produzidos 3 corpos de prova para o ensaio de tração na flexão e 6 corpos de prova para o ensaio de compressão.

Figura 14 – Produção dos corpos de provas



Fonte: Próprio autor.

Os testes de resistência à tração na flexão foram realizados no dispositivo de carga para ensaios de resistência a compressão (figura 15). Em cada corpo de prova foi aplicado uma carga inicial de 50 N/s até a sua ruptura.

Figura 15 – Ensaio de resistência a tração na flexão



Fonte: Próprio autor.

Para o cálculo da resistência de tração na flexão será utilizada a Equação 2, em que  $R_f$  corresponde à resistência a tração na flexão (MPa);  $F_t$  é força de ruptura (N); e L representa a distância entre os suportes (mm).

$$R_f = \frac{1,5 \cdot F_t \cdot L}{40^3} \quad (2)$$

Os testes de resistência a compressão axial foram realizados no dispositivo de carga para ensaios de resistência a compressão (Figura 16), no qual, em cada corpo de prova, foi aplicada uma carga inicial de 500 N/s até a sua ruptura.

Figura 16 – Ensaio de resistência a compressão axial



Fonte: Próprio autor.

Para o cálculo da resistência a compressão axial utilizou-se a Equação 3, em que  $R_c$  é resistência a compressão (MPa) e  $F_c$  carga máxima aplicada até a ruptura (N).

$$R_c = \frac{F_c}{1600} \quad (3)$$

Após a obtenção dos resultados, por meio dos ensaios descritos anteriormente, foi possível estabelecer a classificação das argamassas segundo a NBR 13281 (ABNT, 2005c).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção segue a sequência apresentada nos objetivos específicos, esquematizada no fluxograma da Figura 10, que aborda a caracterização dos AIA convencional e o proposto, assim como os ensaios no estado fresco e endurecido apresentado no capítulo anterior.

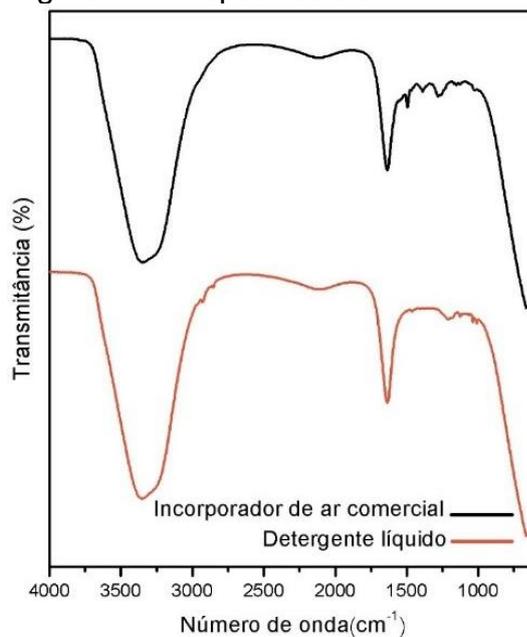
### 4.1 Caracterização dos AIAs

Para a caracterização físico-química dos AIA convencional e o proposto, foi realizado o espectro de FTIR.

#### 4.1.1 FTIR

Os espectros de FTIR (Figura 17) mostram que não há diferenças significativas na composição do incorporador de ar comercial e o detergente líquido. Bandas de absorção são observadas em  $3000\text{ cm}^{-1}$  aproximadamente, característica de estiramento =C-H do anel aromático.

Figura 17 – Espectros de FTIR



Fonte: Próprio autor.

## 4.2 Ensaios no estado fresco

Posteriormente, a argamassa ensaiada foi analisada em seu estado fresco. As propriedades analisadas nesse estado foram as de consistência normal e índice de consistência. A seguir, são apresentados os resultados para cada uma dessas propriedades.

### 4.2.1 Pasta de consistência normal

Para determinar o fator água-cimento da argamassa, foi realizado o ensaio de pasta de consistência normal. Foram testadas três quantidades diferentes de água para obter a consistência normal da pasta, sendo elas: 140 mL, 160 mL e 170 mL. Verificou-se que a quantidade de 170 mL atendeu os parâmetros adequados à NBR 16606 (ABNT, 2018) de 5 mm a 7mm no aparelho de Vicat. Ao aplicar o valor de 170 ml na Equação 1 e utilizando 500g de cimento e 170ml de água, foi obtida a quantidade de água de 34%.

Utilizando essa proporção no traço da argamassa, encontrou-se uma baixa trabalhabilidade da mistura e, por isso essa não foi empregada no traço dos demais ensaios. Sendo o traço alterado para 1:3:0,6, conforme comentado na seção anterior.

### 4.2.2 Índice de consistência

Em seguida, realizou-se o ensaio de índice de consistência. Para esse ensaio, foram utilizadas as proporções de 0,2%, 0,3% e 0,4% de detergente no traço modificado. Os resultados obtidos podem ser visualizados na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores obtidos a partir do teste de consistência

Material	Proporções (%)	Diâmetro 1 (cm)	Diâmetro 2 (cm)	Diâmetro 3 (cm)	Média (cm)
Detergente	0,2	26,0	25,0	26,0	26,0
	0,3	27,0	28,0	27,0	27,0
	0,4	27,0	28,0	27,5	28,0
Aditivo	0,3	-	-	-	-

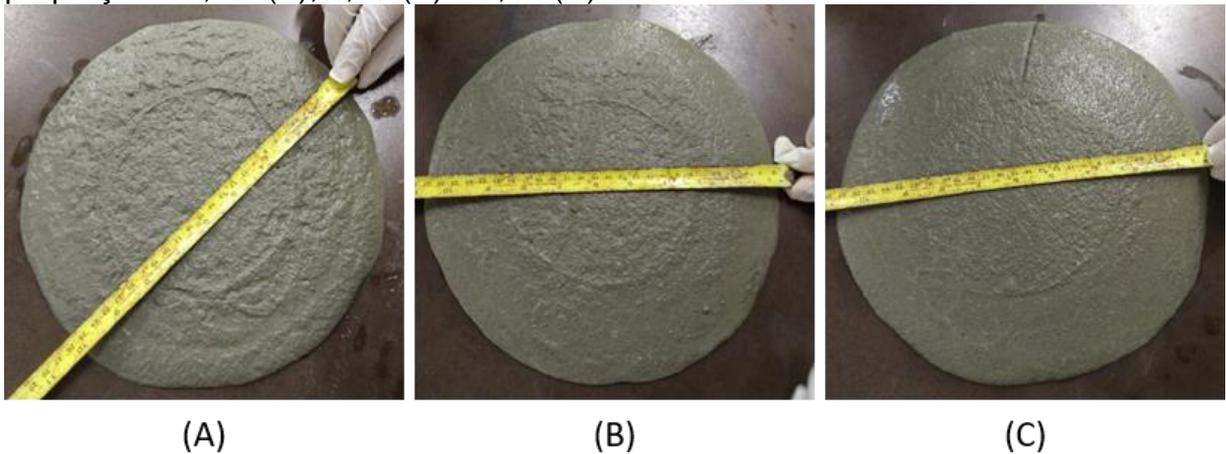
Fonte: Próprio autor.

Verificou-se que, conforme se aumentou a proporção do aditivo, aumentou-se também o espalhamento da argamassa. Porém, a diferença de aumento de acordo

com a proporção de aditivo não foi significativo, visto que os valores são muito próximos, principalmente para as proporções de 0,3% e 0,4% nas quais os diâmetros ficaram entre 27,0 e 28,0 cm.

A Figura 18 mostra a composição final das proporções testadas com detergente após aplicação de 30 golpes na mesa de consistência.

Figura 18 – Resultado do índice de consistência para o detergente para diferentes proporções: 0,2% (A), 0,3%(B) e 0,4%(C).



Fonte: Próprio autor.

Conforme a Figura 18, foi possível verificar que as proporções testadas pelo aditivo proposto tiveram um espalhamento semelhante, porém a NBR 13276 (ABNT, 2016) não traz um parâmetro que caracterize os diâmetros encontrados.

Bauer e colaboradores (2007) relatam que os resultados obtidos na mesa de consistência são influenciados pela plasticidade da argamassa. Em seu estudo, realizaram ensaios na mesa de consistência com traço de 1:1:6 e concluíram que quanto maior o teor de ar incorporado na mistura maior o espalhamento no ensaio do índice de consistência, além de recomendar que este ensaio seja realizado com a complementação de outros métodos como o cone de penetração e o *vane test*.

Não foi possível realizar o ensaio com a amostra referência de AIA convencional para verificar a incorporação de ar na mistura e assim comparar com o AIA proposto.

### 4.3 Ensaios no estado endurecido

Para dar continuidade aos ensaios propostos na seção de metodologia, foram realizados ensaios no estado endurecido. Para esse estado foi avaliado a resistência a tração na flexão e a compressão axial.

#### 4.3.1 Resistência atração na flexão e compressão axial

Da mesma maneira, os ensaios de resistência a tração na flexão e compressão foram realizados nos corpos de prova com as porcentagens de 0,2%, 0,3% e 0,4% de detergente líquido com intuito de verificar o comportamento das resistências com idade de 28 dias.

Após a ruptura dos três corpos de prova no ensaio de tração na flexão obteve-se resultados para cada proporção no detergente líquido onde foi realizado a média entre eles como mostra a Tabela 4.

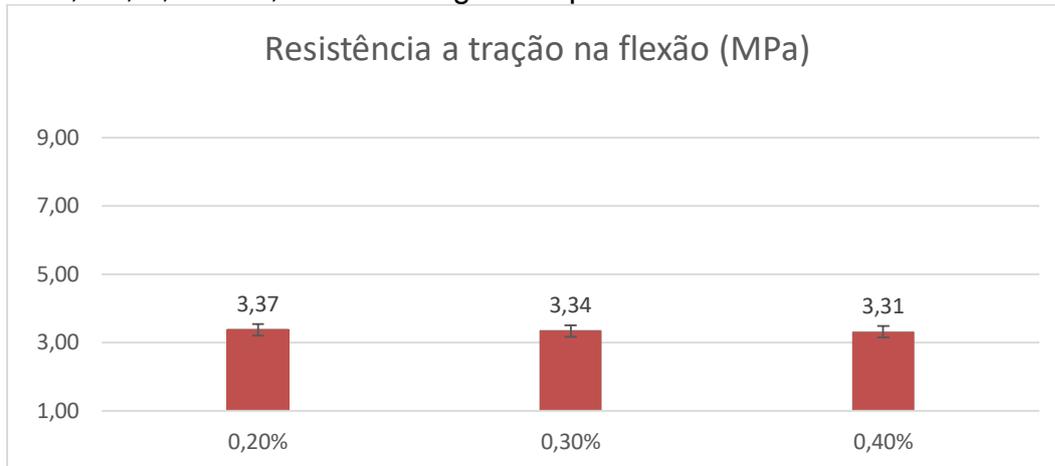
Tabela 4 – Força de ruptura obtida no ensaio de tração na flexão

<b>Materiais</b>	<b>Proporções (%)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Média (tf)</b>	<b>Média (N)</b>
Detergente	0,2	0,35	0,37	0,38	0,37	3594,77
	0,3	0,37	0,36	0,36	0,36	3562,09
	0,4	0,38	0,36	0,34	0,36	3529,41
Aditivo	0,3	-	-	-	-	-

Fonte: Próprio autor.

Aplicando a Equação 3, obteve-se o resultado das resistências de tração na flexão para o detergente líquido como mostra o Gráfico 1.

Gráfico 1 – Resultado da resistência a tração na flexão para as proporções de 0,2%, 0,3% e 0,4% de detergente líquido.



Fonte: Próprio autor.

Segundo o Gráfico 1, foi possível constatar que não houve uma mudança significativa, porém com um decréscimo quanto a resistência a tração na flexão das proporções testadas com detergente líquido, sendo todas semelhantes e entre a faixa de 3 Mpa a 4 Mpa.

No ensaio de resistência a compressão axial, após obtido seis resultados para cada proporção, foi realizado a média entre eles como mostra a Tabela 5.

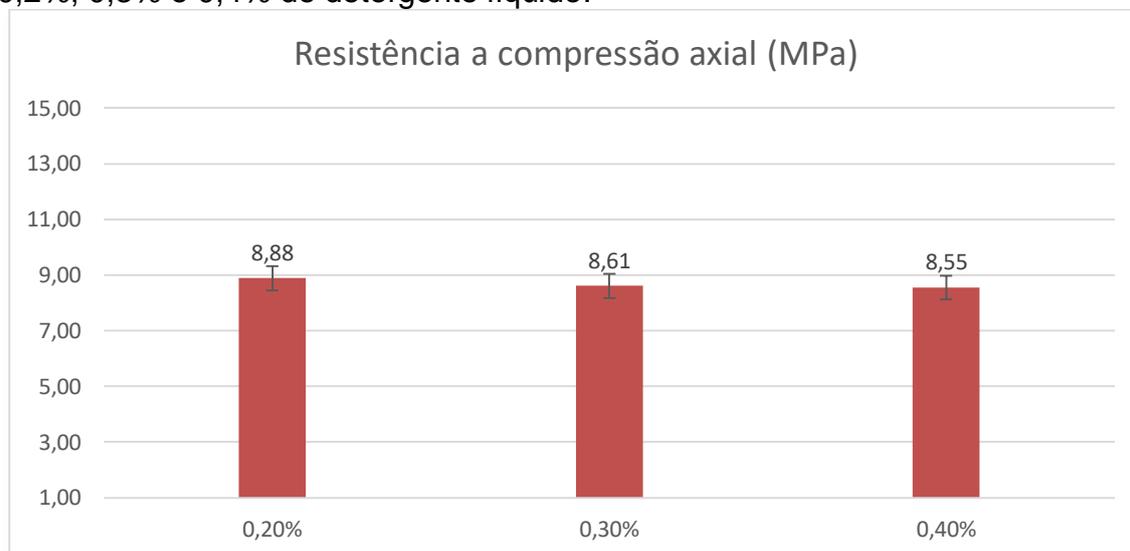
Tabela 5 – Força de ruptura obtida no ensaio de compressão axial.

Material	Proporções (%)	1	2	3	Média (tf)	Média (N)			
Detergente	0,2	1,65	1,46	1,26	1,43	1,51	1,39	1,45	14215,69
	0,3	1,44	1,37	1,39	1,47	1,41	1,35	1,41	13774,51
	0,4	1,37	1,40	1,39	1,37	1,47	1,37	1,40	13676,47
Aditivo	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Próprio autor.

Aplicando a Equação 4, obteve-se o resultado das resistências de compressão axial do detergente líquido como mostra o Gráfico 2.

Gráfico 2 – Resultado da resistência a compressão axial para as proporções de 0,2%, 0,3% e 0,4% de detergente líquido.



Fonte: Próprio autor.

Segundo o Gráfico 2, foi possível constatar que não houve uma mudança significativa, porém com um decréscimo quanto a resistência a compressão axial das proporções testadas com detergente líquido, sendo todas semelhantes e entre a faixa de 8 Mpa à 9 Mpa.

Os valores de resistência a tração na flexão foram em média 38,48% da resistência a compressão axial.

Segundo Silva e colaboradores (2009), que realizaram os ensaios de resistência a tração na flexão e compressão axial na argamassa com AIA com traço de 1:4 (cimento: areia), 250 mm de água e utilizando proporções de AIA de 0%, 0,05%, 0,10% e 0,20% constatou que as resistências foram semelhantes, porém com uma redução à medida que se incorpora ar na mistura, sendo semelhante ao que aconteceu a medida aumenta a concentração de detergente.

Segundo a NBR 13281 (Tabelas 6 e 7) (ABNT, 2005c), os resultados obtidos quanto à resistência a tração na flexão e resistência à compressão axial estão adequados às classes R4 e P6, respectivamente.

Tabela 6 – Classificação da argamassa quanto a tração na flexão.

Classe	Resistência à tração na flexão (Mpa)
R1	≤ 1,5
R2	1,0 a 2,0
R3	1,5 a 2,7
R4	2,0 a 3,5
R5	2,7 a 4,5
R6	> 3,5

Fonte: Adaptado NBR 13281 (ABNT, 2005c).

Tabela 7 – Classificação da argamassa quanto a compressão axial.

Classe	Resistência à compressão (MPa)
P1	≤ 2,0
P2	1,5 a 3,0
P3	2,5 a 4,5
P4	4,0 a 6,5
P5	5,5 a 9,0
P6	> 8,0

Fonte: Adaptado NBR 13281 (ABNT, 2005c).

Não foi possível realizar o ensaio com a amostra referência, incorporada com AIA convencional devido ao decreto de isolamento social, determinado pelo Estado do Ceará, mediante o avanço da pandemia causada pelo Covid-19. Esses resultados indicariam, comparativamente, a influência do detergente líquido nos valores de resistência à tração na flexão e à compressão axial, nas condições em que os ensaios foram realizados.

## 5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados físico-químicos obtidos, foi possível concluir que a composição química do aditivo detergente de uso doméstico é muito semelhante com a do AIA convencional. Os espectros de FTIR apresentaram bandas similares, indicando que a composição dos produtos é muito semelhante. Contudo, não foi possível, devido à impossibilidade de realização dos demais ensaios químicos, analisar o comportamento microestrutural da incorporação de ar dos materiais em estudo na argamassa produzida.

O emprego de detergente líquido na produção da argamassa para contrapiso apresentou resultados semelhantes, sendo a proporção de 0,2% a que se mostrou mais adequada para a incorporação de ar, além de possuir uma maior resistência mecânica.

Foi observado através dos ensaios mecânicos no estado fresco uma semelhança no espalhamento entre as proporções testadas de detergente líquido, apresentando um aumento de um centímetro à medida que se adiciona mais detergente no traço. Não foi possível realizar o ensaio com traço referência de AIA convencional para verificar se os materiais teriam o mesmo espalhamento.

Em relação aos ensaios mecânicos no estado endurecido realizados com detergente líquido, obteve-se a maior resistência com 0,2%, porém as demais proporções demonstraram resultados, apesar de inferiores, semelhantes. Todos os valores de resistência obtidos indicam que os corpos de prova podem ser classificados, quanto à resistência à tração na flexão e resistência à compressão axial, como R4 e P6, respectivamente. Não foi possível realizar o ensaio com traço referência de AIA convencional para verificar o seu comportamento mecânico.

Sugere-se, como trabalhos futuros, a finalização dos ensaios de físico-químicos, a fim de comparar de forma confiável a composição do detergente de uso doméstico com o AIA convencional. Além disso, deve-se avaliar microestruturalmente a atuação do detergente líquido na composição das argamassas, assim como o ensaio de arrancamento com os dois aditivos. Os ensaios para avaliar a resistência mecânica dos corpos de prova foram realizados apenas com o detergente, sendo necessário fazer um estudo comparativo com um traço referência, em que o AIA convencional é utilizado.

## REFERÊNCIAS

ASSALI, M. P.; LOH, K. Feasibility of employing retarding agents as a substitute for conventional release agents in concrete moulding for the application of rendering mortar. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 4, p. 7–23, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Guia básico de utilização do cimento portland**. 7.ed. São Paulo, 2002. 28p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndrico. Rio de Janeiro, 2019a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768 - 1**: Aditivos químicos para concreto de cimento portland – Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2019b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768 - 3**: Aditivos químicos para concreto de cimento portland – Parte 2: Ensaio de caracterização. Rio de Janeiro, 2019c.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13277**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2005c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13528-1**: Revestimento de paredes e tetos de argamassa inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2019d.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13528-3**: Revestimento de paredes e tetos de argamassa inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração Parte 2: Aderência superficial. Rio de Janeiro, 2019e.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-3**: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos . Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16606**: Cimento Portland – Determinação da pasta de consistência normal. Rio de Janeiro, 2018.

ALVES, N. J. D. **Avaliação dos aditivos incorporadores de ar em argamassas de revestimento**. Brasília, 2002. 175 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. Disponível em: <http://www.pecc.unb.br/wp-content/uploads/dissertacoes/M02-12A-Nielsen-Alves.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2019.

AKCHURIN, T. K.; TUKHARELI, A. V.; CHEREDNICHENKO, T. F. Effective Concrete Modified by Complex Additive Based on Waste Products of Construction Acrylic Paints. **Procedia Engineering**, v. 150, p. 1468–1473, 2016.

BARROS, M, M, B. **Revestimentos Horizontais: Notas de Aula**. São Paulo: UPUSP, 2011. 37 p. (texto Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/27).

BARROS, Mercia Maria Semesato Bottura de; SABBATINI, Fernando Henrique. **Tecnologia de Produção de Contrapisos para Edifícios Habitacionais e Comerciais**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1991. 27 p.

BAUER, Elton; SOUSA, Jose G, g. de; GUIMARÃES, Elvio A.; SILVA, Francisco Gabriel S.. Study of the laboratory Vane test on mortars. **Building And Environment**, [s.l.], v 42, n. 1, p. 86-92, jan, 2007.

BIAVA, Juceane de Fátima. **Contribuição ao estudo de argamassas de emboço com aditivo incorporador de ar**. 2017. 316 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017. Disponível em: [http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3044/1/PB\\_PPGEC\\_M\\_Biava%2C%20Juceane%20de%20F%C3%A1tima\\_2017.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3044/1/PB_PPGEC_M_Biava%2C%20Juceane%20de%20F%C3%A1tima_2017.pdf). Acesso em: 20 set. 2019.

BRASIL, N.; AIA, O. **Novo Aditivo Incorporador de Ar Biodegradável de Alta Performance**. Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). p. 1–10, 2016.

CAMPOS, Karoline Mendes de. **Avaliação da viscosidade do detergente lava-louças a partir da utilização do controle estatístico de processo**. 2017. 55 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Curso de Engenharia Química, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2017. Disponível em: <https://riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/4103/Karoline%20Mendes%20-%20Relat%C3%B3rio%20de%20est%C3%A1gio.pdf?sequence=6&isAllowed=y>. Acesso em: 27, jun. 2019.

CARASEK, H. **Aderência de Argamassas à Base de Cimento Portland a Substratos Porosos**: avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo de ligação. São Paulo, 1996. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

CARASEK, H. **Argamassas**. Materiais de construção civil e Princípios de Ciência dos Materiais, p. 863–904, 2007.

CARASEK, Helena. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais: argamassas**. 3. Ed. São Paulo: Ibracon, 2017.

CAROLINA, S.; SCHEEREN, S. **Pastas De Cimento Portland Com Diferentes**. 2017.

CARVALHO, E. V. *et al.* Radiopacity and mechanical properties of dental adhesives with strontium hydroxyapatite nanofillers. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, v. 101, n. September 2019, p. 103447, 2020.

CASTRO, Alessandra Lorenzetti de; QUARCIONI, Valdecir Ângelo. Aditivos ao cimento. **Notícias da Construção**, São Paulo, p.44-45, 01 ago. 2013.

CINTRA, Arthur Moura. **Estudo do desempenho térmico de concretos com ar incorporado**. 2015. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14222/1/EstudoDesempenhoTermico.pdf>. Acesso em: 24, out. 2019.

COUTO, José Antônio Santos *et al.* O concreto como material de construção. **Cadernos de Graduação**, Sergipe, v. 1, n. 17, p.49-58, out. 2013.

DALTIN, Decio. **Tensoativos: química, propriedades e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2011. 59 p.

DEMORI, Amanda Gomes; SILVA, Judson Ricardo Ribeiro da. **Detergente como aditivo tensoativo na construção civil**. In Encontro internacional de produção científica unicensumar, 9., 2015, Maringá. **Anais eletrônico**. Maringá: Unicensumar, 2015. V. 9, p. 4 – 8.

FERREIRA, Sofia Amélia Alencastre Tello e. **Argamassas de auto-limpeza: da formulação às aplicações**. 2015. 167 f. Dissertação (Mestrado em conservação e reabilitação de edifícios) - Instituto Politécnico de Setúbal, Setúbal, 2015. Disponível em: [https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/13638/1/Dissertacao\\_Sofia%20Am%C3%A9lia%20A.%20Tello%20Ferreira.pdf](https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/13638/1/Dissertacao_Sofia%20Am%C3%A9lia%20A.%20Tello%20Ferreira.pdf). Acesso em: 15 nov. 2019.

GASPAR, P.L.; COLEN, I. F. BRITO, J. Técnicas de Diagnóstico e Classificação de Anomalias por Perda de Aderência em Rebocos. In: CONGRESSO ANCIIONAL DE ARGAMASSAS DE CONSTRUÇÃO. **Anais**, 2, 2007, Lisboa, Portugal.

GULBE, L.; VITINA, I.; SETINA, J. The Influence of Cement on Properties of Lime Mortars. **Procedia Engineering**, v. 172, p. 325–332, 2017.

JORDANI, Bárbara. **Estudo do agregado graúdo reciclado de concreto como agente de cura interna em concreto com cinza de casca de arroz**. 2016. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Vale do Rio do Sinos, São Leopoldo, 2016. Disponível em:

[http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/5392/B%C1RBARA+JORDANI\\_.pdf;jsessionid=DBC378B49159D0591084376B63D3ACB0?sequence=1](http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/5392/B%C1RBARA+JORDANI_.pdf;jsessionid=DBC378B49159D0591084376B63D3ACB0?sequence=1)  
. Acesso: 23, jan. 2020,

MANHÃES, Guilherme; SOUZA, Lucas Vinicius da Silva; VIOLIN, Ronan Yuzo Takeda. Análise de viabilidade da incorporação de detergente sintético em concreto de cimento portland. **Unicesumar**, Maringá, v. 8, n. 1, p.1-4, out. 2016.

MALINVERNI, F. C.; CASSOL, G. Estudo de caso comparativo entre alguns aspectos da argamassa de assentamento convencional e a argamassa polimérica industrializada usada somente para assentamentos. **Ignis**, v. 5, n. 2, p. 16–25, 2016.

MARGALHA, Maria Goreti. **Argamassas: Conservação e Recuperação do Patrimônio**. Évora: Universidade de Évora, 2011. 32 p.

MARTINS, Letícia Matias; MENDES, Júlia Castro; RODRIGUES, Rômulo Ulysses Vieira. USO DO LINEAR ALQUIL BENZENO SULFONATO DE SÓDIO COMO ADITIVO INCORPORADOR DE AR. **Univiçosa**, Viçosa, v. 9, n. 1, p.1-7, 26 jan. 2017.

MENDES, Júlia Castro. **Viabilidade técnica do uso de Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio como aditivo incorporador de ar para matrizes cimentícias**. 2016. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016. Disponível em:  
<https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/6409>. Acesso em: 9, set. 2019.

MENDES, J. C. *et al.* Mechanical, rheological and morphological analysis of cement-based composites with a new LAS-based air entraining agent. **Construction and Building Materials**, v. 145, p. 648–661, 2017.

MENDOZA REALES, O. A. *et al.* Influence of MWCNT/surfactant dispersions on the rheology of Portland cement pastes. **Cement and Concrete Research**, v. 107, n. August 2017, p. 101–109, 2018.

MORO, Taís Kuster. **Novo aditivo incorporador de ar biodegradável para matrizes cimentícias**. 2017. 39 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017. Disponível em:  
<https://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/559>. Acesso em: 15, out. 2019.

OTTONI, Tobias Pigatto; LUBECK, André; MOHAMAD, Gihad. Influência do aditivo incorporador em argamassas de revestimento. *In*: CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM ENGENHARIA, 28., 2017, Ijuí. **Anais**. Ijuí: Cricte, 2017. p. 1 - 4.

PAULA, Marcos Oliveira de. **Potencial da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento portland.** 2006. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/78bc/fe8b2d348d4b42f4942fe1a7624545616766.pdf>. Acesso: 30, jan. 2020.

QUEDA, Vanessa Raquel Costa. **Delineamento experimental na concepção e otimização de detergentes líquidos industriais.** 2017. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química e Biológica) - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/8336/1/Disserta%c3%a7%c3%a3o.pdf>. Acesso em: 26, set. 2019.

QUEVEDO, Claudia Maria Gomes de. **Avaliação da Presença de Fósforo nos Esgotos Sanitários e da Atual Contribuição dos Detergentes.** 2015. 250 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 2015. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-07042015-103919/publico/ClaudiaMariaGomesDeQuevedo.pdf>. Acesso em: 16, out. 2019.

RATO, Vasco Nunes da Ponte Moreira. **Influência da microestrutura morfológica no comportamento de argamassas.** 2006. 316 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Nova de Lisboa Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, 2006. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/bbde/d2f60e6e14b488d591ffd8f30e6febf63ea4.pdf>. Acesso em: 24, out. 2019.

RESENDE, Paulo Sérgio de Oliveira. **Efeito do ar incorporado em argamassas de revestimentos.** 2010. 99 f. Dissertação (Mestrado em Geotécnica) - Mecânica das Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tde/1330/1/PAULO%20SERGIO%20DE%20OLIVEIRA%20RESENDE.pdf>. Acesso em: 26, set. 2019.

RUBIN, Ariane Prevedello. **Argamassas autonivelantes industrializadas para contrapiso: análise do desempenho físico-mecânico frente às argamassas dosadas em obra.** 2015. 207 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/127871>. Acesso em: 24, out. 2019.

SANTOS, Herculana Torres dos. **Desenvolvimento de pastas leves utilizando incorporadores de ar para aplicação em poços de petróleo.** 2013. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Petróleo) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/12985/1/DesenvolvimentoPastas\\_Leves\\_Santos\\_2013.pdf](https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/12985/1/DesenvolvimentoPastas_Leves_Santos_2013.pdf). Acesso: 16, out. 2019.

SHOWELL, Michael S. **Handbook of Detergents.** 128. Ed. Santa Barbara: Taylor & Francis, 2006. 550 p.

SILVA, Anna Carolina Ameno Ayres *et al.* Biodegradação do surfactante linear alquilbenzeno sulfonato de sódio utilizando fungos filamentosos. *In: SIMPÓSIO NACIONAL DE BIOPROCESSOS. Anais* [s.l.], p.1-6, 5 set. 2015.

SILVA, J. D. F. DA *et al.* Microemulsions: Components, Characteristics, Potentialities in Food Chemistry and Other Applications. **Química Nova**, v. 38, n. 9, p. 1196–1206, 2015.

SILVA, Narciso Gonçalves da; COLLODETTI, Giovana. PICHETTI, Douglas Z. C. M.; JEAN, Philippe. Efeitos do ar incorporado nas propriedades do estado endurecido em argamassas de cimento e areia. **Congresso Brasileiro do Concreto**. Florianópolis, p. 1-14. Out. 2009.

SOARES, Anderson Shimenes Lacerda. **Estudo dos parâmetros e controle de qualidade no processo produtivo de detergente líquido domissanitário**. 2017. 56 f. Monografia (Especialização em Engenharia Química) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/13533/1/ASLS09022018.pdf>. Acesso em: 7, set. 2019.

SOUZA, Luiza Feitosa Cordeiro de. **Avaliação da degradação de alquil benzeno linear sulfonado (las) em reatores anaeróbios em escala de bancada**. 2009. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009. Disponível em: [https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5039/1/arquivo2221\\_1.pdf](https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5039/1/arquivo2221_1.pdf). Acesso em: 24, out. 2019.

SOUZA, Natália Cerqueira de. **Análise de desempenho do contrapiso autonivelante em relação ao sistema tradicional**. 2013. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/ISMS-9GMMM/1/an\\_lise\\_de\\_desempenho\\_do\\_contrapiso\\_autonivelante\\_em\\_rela\\_\\_o\\_\\_ao\\_\\_sistema\\_\\_tradicional.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/ISMS-9GMMM/1/an_lise_de_desempenho_do_contrapiso_autonivelante_em_rela__o__ao__sistema__tradicional.pdf). Acesso em: 26, set. 2019.

TORRES, D. R. *et al.* Impacto da rota de incorporação de ar nas propriedades de materiais formulados com cimento Portland. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p.141-152, jun. 2014.

VEIGA, Maria do Rosário; SILVA, António Santos. **Long-term Performance and Durability of Masonry Structures: Mortars**. Lisbon: Elsevier, 2019.

XU, Jinxia *et al.* Influence of surfactants on chloride binding in cement paste. **Construction and Building Materials**, [s.l.], v. 125, p.369-374, out. 2016.

ZANELATTO, Kátia Cristina. **Avaliação da influência da técnica de execução no comportamento dos revestimentos de argamassa aplicados com projeção mecânica contínua**. 2012. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: [https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-16072013-171243/publico/DISSERTACAO\\_KATIAZANELATTO.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-16072013-171243/publico/DISSERTACAO_KATIAZANELATTO.pdf). Acesso em: 16, out. 2019.

ZANELATTO, K. C. *et al.* Avaliação da influência da técnica de execução no comportamento de revestimento de argamassa aplicado com projeção mecânica contínua. **Revista Ambiente Construído Associação**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p.87-109, jun. 2013.