

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ANÁPOLIS – UNIEVANGÉLICA**  
**CAMPUS CERES**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ANEIR FERREIRA ROSA**  
**ROGERIO VARGAS DUTRA**

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DO LINEAR ALQUIL BENZENO SULFONATO DE**  
**SÓDIO (LAS) COMO ADITIVO INCORPORADOR DE AR**

**PUBLICAÇÃO Nº:**

**CERES / GO**  
**2020**

**ANEIR FERREIRA ROSA  
ROGERIO VARGAS DUTRA**

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DO LINEAR ALQUIL BENZENO SULFONATO DE  
SÓDIO (LAS) COMO ADITIVO INCORPORADOR DE AR**

**PUBLICAÇÃO N°:**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA.**

**ORIENTADOR: VILSON DALLA LIBERA JUNIOR**

**CERES / GO: 2020**

## FICHA CATALOGRÁFICA

DUTRA, ROGERIO VARGAS; ROSA, ANEIR FERREIRA

Estudo da aplicação do linear alquil benzeno sulfonato de sódio (LAS) como aditivo incorporador de ar [Goiás] 2020

xi, 23P, 297 mm (ENC/UNIEVANGÉLICA, Bacharel, Engenharia Civil, 2020).

TCC - UniEVANGÉLICA

Curso de Engenharia Civil.

1. Argamassa

2. LAS

3. Incorporador de ar

4. Surfactantes

I. ENC/UNI

II. Título (Série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DUTRA, R. V.; ROSA, A. F. Estudo da aplicação do linear alquil benzeno sulfonato de sódio (LAS) como aditivo incorporador de ar. TCC, Publicação ENC. PF-001A/20, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Ceres, GO, 23p. 2020.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Aneir Ferreira Rosa; Rogerio Vargas Dutra

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo da aplicação do linear alquil benzeno sulfonato de sódio (LAS) como aditivo incorporador de ar.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2020

É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Aneir Ferreira Rosa

76305-000, Nova Glória – GO – Brasil

E-mail: [rogerio.dutra.engenheiro@gmail.com](mailto:rogerio.dutra.engenheiro@gmail.com)



Rogerio Vagas Dutra

76365-000, São L. do Norte – GO – Brasil

E-mail: [aneirferreirarosa@hotmail.com](mailto:aneirferreirarosa@hotmail.com)

**ANEIR FERREIRA ROSA  
ROGERIO VARGAS DUTRA**

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DO LINEAR ALQUIL BENZENO SULFONATO DE  
SÓDIO (LAS) COMO ADITIVO INCORPORADOR DE AR**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

**APROVADO POR:**

*Vilson Dalla Libera Junior*

**VILSON DALLA LIBERA JUNIOR, Mestre (Centro Universitário de Anápolis –  
UniEVANGÉLICA, Campus Ceres)  
(ORIENTADOR)**

*Janaína Mônica de Oliveira Sousa*

**JANAINE MÔNICA DE OLIVEIRA SOUSA, Mestre (Centro Universitário de Anápolis –  
UniEVANGÉLICA, Campus Ceres)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

*Luiz Tomaz de Aquino Neto*

**LUIZ TOMAZ DE AQUINO NETO, Especialista (Centro Universitário de Anápolis –  
UniEVANGÉLICA, Campus Ceres)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: CERES/GO, 08 de DEZEMBRO de 2020.**

# ESTUDO DA APLICAÇÃO DO LINEAR ALQUIL BENZENO SULFONATO DE SÓDIO (LAS) COMO ADITIVO INCORPORADOR DE AR

Aneir Ferreira Rosa<sup>1</sup>  
Rogerio Vargas Dutra<sup>2</sup>  
Wilson Dalla Libera Junior<sup>3</sup>

## RESUMO

Na construção civil, a argamassa tem um papel fundamental, ela é usada para assentamentos de peças cerâmicas, revestimento superficial da alvenaria e demais peças, além de diversas outras aplicações que envolvem o acabamento da obra. Para melhorar a trabalhabilidade das argamassas, o uso de agentes químicos em sua mistura sempre se faz necessário. Nessa perspectiva, o presente trabalho teve como objetivo estudar a viabilidade da argamassa produzida com aditivo do tipo Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio (LAS), comparando suas propriedades no estado fresco, endurecido e incorporação de ar em relação as argamassas obtidas com aditivos plastificantes convencionais. As dosagens do LAS propostas na argamassa foram 0,1% e 0,8% em relação à massa do cimento, em concentração de surfactante, isto equivale 1 g tensoativos/1.000 g de cimento e 8 g tensoativos/1.000 g de cimento. Argamassas sem adição de LAS e com adição de aditivos comerciais foram adotadas para efeito de comparação. A composição dos traços foi elaborada de acordo com a NBR 7215. O aumento do índice de vazios é observado após a adição do LAS e acarretou em uma menor massa específica e maior índice de absorção de água que os demais traços. O aditivo foi classificado como eficiente, visto que proporciona melhor trabalhabilidade e não causa perda de resistência do material. Nos traços que utilizaram LAS em sua composição o tempo de início de pega aumentou significativamente. Além disso, essas argamassas também apresentaram um aumento expressivo na consistência final. Os resultados obtidos indicam que o uso do LAS é altamente viável para aplicação em argamassas de revestimento, pois além de não sofrer variações negativas com relação às suas propriedades mecânicas, as argamassas produzidas apresentam boa trabalhabilidade, fluidez e tempo de início de pega maior.

**Palavras-chave:** Argamassa. LAS. Incorporador de ar. Surfactantes.

---

<sup>1</sup> Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: [aneirferreirarosa@hotmail.com](mailto:aneirferreirarosa@hotmail.com)

<sup>2</sup> Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: [rogerio.dutra.engenheiro@gmail.com](mailto:rogerio.dutra.engenheiro@gmail.com)

<sup>3</sup> Mestre em Integridade de Materiais da Engenharia (UnB), Professor do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: [wilson.dalla@gmail.com](mailto:wilson.dalla@gmail.com)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>5</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1 Argamassas, tipos e composições</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2 Substâncias surfactantes</b> .....	<b>7</b>
<b>2.3 Aditivos incorporadores de ar</b> .....	<b>8</b>
2.3.1 <i>Definição e Histórico</i> .....	8
2.3.2 <i>Mecanismos de incorporação de ar</i> .....	8
<b>2.4 Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio (LAS)</b> .....	<b>9</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>10</b>
<b>3.1 Materiais</b> .....	<b>10</b>
3.1.1 <i>Cimento</i> .....	10
3.1.2 <i>Água</i> .....	11
3.1.3 <i>Agregado miúdo</i> .....	11
3.1.4 <i>Aditivos plastificantes e aglomerantes</i> .....	11
<b>3.2 Dosagem do AIA e composição do traço</b> .....	<b>12</b>
<b>3.3 Preparo das argamassas e moldagem</b> .....	<b>12</b>
<b>3.4 Ensaios no estado fresco</b> .....	<b>13</b>
3.4.1 <i>Consistência argamassa e entrada de ar</i> .....	13
3.4.2 <i>Teste na pasta de cimento</i> .....	13
<b>3.5 Propriedades Mecânicas</b> .....	<b>13</b>
<b>3.6 Absorção de água</b> .....	<b>14</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>4.1 Análise da pasta de cimento</b> .....	<b>14</b>
<b>4.2 Índice de Consistência e teor de ar incorporado</b> .....	<b>15</b>
<b>4.3 Índice de vazios e absorção de água</b> .....	<b>17</b>
<b>4.4 Caracterização mecânica</b> .....	<b>18</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>21</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>22</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na construção civil, a argamassa tem um papel fundamental, ela é usada para assentamentos de peças cerâmicas, revestimento superficial da alvenaria e demais peças, além de diversas outras aplicações que envolvem o acabamento da obra. Para melhorar a trabalhabilidade das argamassas, o uso de agentes químicos em sua mistura sempre se faz necessário. O uso de aditivos plastificantes, aditivos para alteração de tempo de início de pega ou outra finalidade específica não é uma prática nova. Atualmente cerca de 80 a 90% das misturas cimentícias produzidas nos países desenvolvidos têm em sua composição algum tipo de aditivo (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

No caso da argamassa, os agentes incorporadores de ar (AIA) são compostos químicos que promovem a formação de bolhas na mistura cimentícia. Em se tratando das argamassas de revestimento, a existência dessas bolhas promove o deslizamento de uma partícula sobre a outra com menos atrito, proporcionando maior plasticidade e melhor trabalhabilidade (ALEXANDRA et al, 2007). Na construção civil, em misturas cimentícias, diversos tipos de aditivos químicos são usados e com finalidades específicas para cada tipo de aplicação, alguns para retardar o início do tempo de pega, outros para adiantar, alguns para melhorar as características impermeabilizantes, etc. Os aditivos têm a finalidade de alterar a característica em algum estágio da vida na mistura, seja ela ainda no estado fresco ou endurecido (ALEXANDRA et al, 2007).

O Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio (LAS), é comumente conhecido como detergente líquido, usado na higienização doméstica, a aplicação na construção civil como aditivo plastificante, se dá por meio da mistura na argamassa, a função é incorporar ar no interior da mistura, fazendo com que haja uma diminuição do atrito entre os agregados, e dessa forma proporcionar uma melhor trabalhabilidade. É preciso esclarecer que o uso em excesso pode provocar efeitos indesejados, haja vista que as moléculas do (LAS) são compostos por grupos polares e apolares, sendo que a concentração apolar é bem maior que a polar, se tornando então uma substância surfactante e quando aplicado em excesso faz com que haja o retardo do tempo de pega (MENDES, 2017).

A aplicação do (LAS), na construção civil precisa ser estudada, pois o mesmo já é usado sem que haja uma padronização. O intuito do uso atual é para proporcionar uma melhor trabalhabilidade sendo substituído pela cal, e demais produtos regularizados para tal finalidade. O LAS ao ser adicionado à mistura, faz com que haja uma quantidade de bolhas na mistura, e isso conseqüentemente causa a diminuição do atrito entre as partes sólidas da argamassa, e dessa forma ela fica com aspecto mais plástico sem que haja a necessidade de aumento de água, isso faz com que a trabalhabilidade seja favorecida (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

Num âmbito geral, as práticas de trabalho nas construções civis, principalmente nas regiões do interior são fortemente baseadas dentro da visão cultural, ou seja, não se busca uma referência científica antes da aplicação de uma técnica ou produto, mas se aplica aquilo que é mais utilizado pelos profissionais do local. Isso se torna um problema, pois um produto que inicialmente parece atender às necessidades específicas daquela atividade pode apresentar problemas futuros advindos desse uso, mas que se torna difícil a sua detecção.

A cal hidratada é o aglomerante mais antigo, e o principal plastificante utilizado na fabricação da argamassa na construção civil, entretanto a extração e transporte da cal para a fabricação de argamassas é muito maléfica para o meio ambiente. Levando em conta a fabricação utilizando diversos tipos de combustíveis fósseis como carvão mineral, óleo combustível, gás natural, além da poluição, estes recursos não são renováveis (VIANA, 2016). Os aditivos plastificantes comercialmente vendidos são produtos tóxicos para os seres humanos e para o meio ambiente, como é especificado pelo fabricante nas embalagens contendo as composições por ser irritante para a pele (MENDES, 2017). Diante deste cenário observa-se a necessidade de procurar novas tecnologias para substituir estes métodos, que elevam os custos das edificações por outros que sejam mais sustentáveis.

Visando aprimorar as propriedades da argamassa no estado fresco, a utilização do Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio (LAS) apresenta-se como uma solução inovadora em relação aos plastificantes convencionais. Além de apresentar vantagens relacionadas à trabalhabilidade, o aditivo LAS é extremamente acessível aos usuários, mais barato e produz um menor impacto ambiental, e não é tóxico se comparado aos demais aditivos comercializados (ANVISA, 2019). Em contrapartida, existe pouco estudo sobre estes aditivos na fabricação de argamassa na construção civil, e pouco se sabe sobre, desta forma é preciso analisar a proporção ideal do LAS no traço a ser utilizado.

Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as propriedades da argamassa produzida com aditivo do tipo Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio (LAS), comparando suas propriedades no estado fresco, endurecido e incorporação de ar em relação as argamassas obtidas com aditivos plastificantes convencionais.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Argamassas, tipos e composições**

Em meados da idade média, os Romanos descobriram a cal hidráulica, estes diante da necessidade de um material com melhores propriedades mecânicas descobriram que a calcinação de rochas calcárias que continham o material argiloso além de fornecer uma resistência maior, poderia endurecer mesmo com a presença de água ou até mesmo submerso. A cura desse material não depende de interação com o ar, e devido a este fator, o aglomerante é classificado como hidráulico, e por não conter materiais orgânicos é também chamado de aglomerante inorgânico, logo o resultado é uma aglomerante que garante uma boa trabalhabilidade, retém água na matriz e endurece através da reação com o CO<sub>2</sub> sem que haja a necessidade de contato com o ar (RECENA, 2012).

Os registros mais antigos apontam que o uso de argamassa teve sua origem na Pérsia Antiga, não da forma usualmente com o que é feita nos dias de hoje, mas se usava uma adição de gesso como ligante, este produto era aplicado para a construção de seus monumentos, porém o uso da argamassa no desenvolvimento de obras de construção civil teve seu início no império romano, e essa prática foi amplamente usada durante séculos, e nesse caso a cal foi sempre o ligante utilizado na mistura (MARQUES, 2005).

A argamassa pode ser definida como uma mistura homogênea de um ou mais aglomerantes inorgânicos, agregado miúdo e água, esta mistura pode ser dosada na própria

obra através de trabalho manual ou mecânico, ou em local apropriado para esse fim e transportado posteriormente até a obra. Geralmente são utilizados para a sua produção o cimento e a cal como aglomerantes inorgânicos e areia como o agregado miúdo. As principais propriedades que uma argamassa precisa ter é uma boa aderência e endurecimento gradativo, além disso as argamassas podem ter adição de minerais e aditivos químicos (CARASEK, 2010).

A argamassa é aplicada em diversos tipos de trabalho na construção civil, como revestimento de parede, assentamento de blocos, assentamento de pisos, contra pisos, rejuntamento e etc. No entanto, para cada tipo de aplicação há uma forma específica de preparo, a aplicação pode ser notada de forma mais abrangente na construção de edifícios nas etapas de revestimentos e acabamentos, cumprindo papéis importantes de proteção das alvenarias a nas partes internas das habitações (MARGALHA, 2011).

A mais básica e conhecida argamassa é composta por uma mistura de cimento, areia e água, porém subentende-se que argamassa nada mais é do que uma mistura de aglomerante hidráulico “cimento”, agregado miúdo “areia”, e água, ou seja: uma mistura que não haja agregados graúdos (MARGALHA, 2011). Cada argamassa deve ser preparada levando-se em conta algumas propriedades distintas para cada frente de aplicação, haja vista que as exigências de cada atividade são diferentes umas das outras, e nesse momento é que se define, tempo de pega, granulometria do agregado, relação água/cimento, permeabilidade, trabalhabilidade, plasticidade e uma série de outras propriedades relacionadas à aplicação da argamassa (MENDES, 2017).

## **2.2 Substâncias surfactantes**

Materiais surfactantes “tensoativos” são aqueles que apresentam a propriedade de diminuição da tensão superficial de alguns líquidos através do balanço de forças na interface líquida entre suas moléculas. O efeito se dá através da dissolução de uma substância polar por outra também polar, uma forma de exemplificar tal efeito, é observando um copo exageradamente cheio de água, quando o líquido supera o nível final do recipiente e ainda assim não escorre pela borda, mas permanece unido, ao se adicionar um material surfactante a esse líquido, a tensão superficial que faz com que o líquido fique agregado, se acaba e o líquido já não consegue se sustentar no nível que antes estava, mas o mesmo se escorre pela borda do recipiente, esse é o efeito gerado por uma substância surfactante (CAVALCANTE, 2014).

Os materiais surfactantes geralmente são empregados na produção de sabões, detergentes, tecidos tintos polímeros, pesticidas, polímeros, produtos farmacêuticos, mineração, recuperação de vazamentos de óleos e indústrias de celulose e papel (DI CORCIA, 1998). Os materiais surfactantes atuam toxicamente em microrganismos através da ruptura da membrana celular inteirando-se com os componentes lipídicos e reagindo-se com enzimas que fazem um papel principal quanto ao funcionamento celular (CAVALCANTE, 2014).

## 2.3 Aditivos incorporadores de ar

### 2.3.1 Definição e Histórico

Os AIA (Agentes Incorporador de Ar), são produtos químicos compostos por surfactantes, que promove a formação de microbolhas de ar na pasta de cimento, aperfeiçoando as propriedades no estado fresco ou endurecido da argamassa. Os aditivos plastificantes e superplastificantes tem como características o número de ramificações hidrofílicas em uma cadeia hidrofóbica. Dessa forma, uma parte das ramificações hidrofílicas é adsorvida pela partícula de cimento, enquanto a outra parte é orientada para a água, reduzindo-se a tensão superficial da água e tornando as partículas de cimento hidrofílicas (Mehta & Monteiro, 2014).

A descoberta da incorporação de ar em argamassa se deu por forma acidentalmente em Nova York nos anos 1930. No período, pode-se observar que os pavimentos que utilizavam auxiliares como óleo animal em sua mistura, apresentavam uma durabilidade maior do que os demais sem adições. Em seguida, estudos apontaram que estes compostos trabalhavam como agentes químicos incorporadores de ar (JASICZAK e ZIELINSKI, 2006). A partir desta descoberta este elemento foi amplamente pesquisado até os dias de hoje, onde, o grande desafio atual está na quantidade de AIA incorporado na argamassa de forma a proporcionar um equilíbrio preciso na mistura.

### 2.3.2 Mecanismos de incorporação de ar

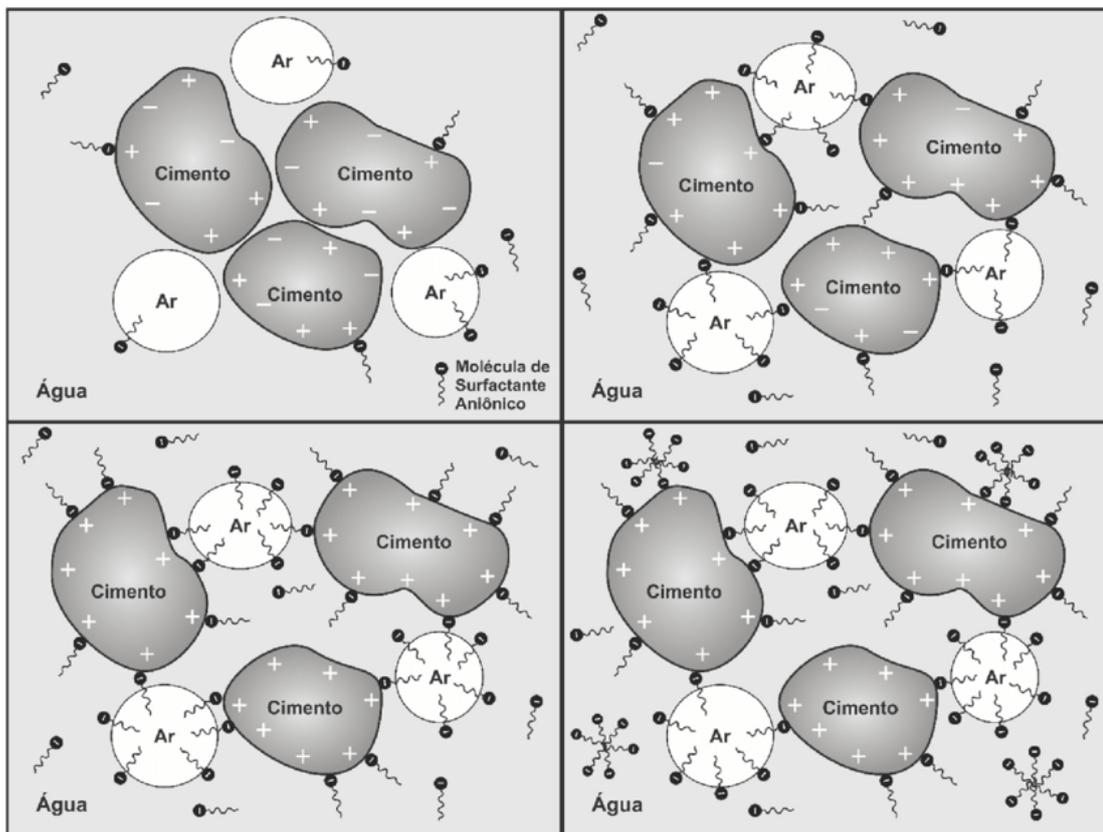
De acordo com Powers (1968), o pioneiro na área, as origens primárias do ar na mistura da pasta de cimento são duas; a primeira é o incremento do ar para o interior da pasta pela ação de vórtice, na mistura de um líquido. O segundo acontecimento, é chamado de tela tridimensional e nele as bolhas de ar formadas na mistura dos agregados caem em cascata sobre elas mesmas (DU e FOLLIARD, 2005).

Os vazios de ar formados no concreto são inerentemente instáveis. As interfaces entre o ar disperso e a matriz circundante contém energia superficial livre, e a tendência termodinâmica é de reduzir as áreas de superfície interfaciais. Assim, os vazios de ar na argamassa têm uma vida benéfica. O desempenho do aditivo incorporador de ar é estabilizar essas bolhas ou vazios, de forma que não coalesçam, não colapsem e não emerjam à superfície, garantindo um sistema de vazios de tamanhos adequados e homogêneo distribuído no concreto ou argamassa endurecida (DU e FOLLIARD, 2005).

O mecanismo de ação dos AIA é mostrado na Figura 1. No mecanismo é possível compreender dois processos, ambos na fase inicial da mistura, porém um interage na parte líquida, ou aquosa chamada de ar-água e o segundo já ocorre na parte da mistura sólida, chamada de sólido-água. No primeiro, os grupos polares estão orientados na direção da fase aquosa, reduzindo a tensão superficial, promovendo a formação de bolhas e evitando que as bolhas formadas se desfaçam. Simultaneamente, só que desta vez na interface sólido-água, os grupos polares se juntam ao cimento, não desfazendo o sentido dos grupos apolares que estão orientados para a fase aquosa, fazendo com que a superfície do cimento se torne hidrofóbica e

desta forma o ar desloca a água e permanece ligado às partículas sólidas em forma de bolhas (LEA, 1971).

**Figura 1** – Mecanismo de ação dos surfactantes como aditivos incorporadores de ar.



Fonte: Adaptado de MEHTA E MONTEIRO (2014).

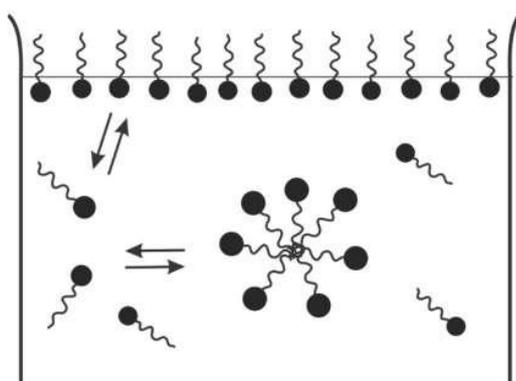
Além dos aditivos superplastificantes e plastificantes incorporadores de ar, outros aditivos também são baseados em substâncias surfactantes. As principais diferenças entre eles são a quantidade de cadeias hidrofílicas ou polares por molécula e o tamanho das moléculas. Em geral, os aditivos incorporadores de ar possuem em sua estrutura molecular uma fração hidrofílica e uma fração hidrofóbica. Os aditivos plastificantes e superplastificantes possuem um maior número de ramificações hidrofílicas em uma cadeia hidrofóbica. Dessa forma, uma parte das ramificações hidrofílicas é adsorvida pela partícula de cimento, enquanto a outra parte é orientada para a água, reduzindo-se a tensão superficial da água e tornando as partículas de cimento hidrofílicas (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

#### 2.4 Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio (LAS)

O linear alquil benzeno sulfonato de sódio (ou linear dodecil, LAS), um produto largamente utilizado na fabricação de detergente líquido, é o tensoativo mais utilizado atualmente e usualmente chamado de ácido sulfônico, tem uma grande vantagem de ser biodegradável e, portanto, não causa danos ao meio ambiente. A popularidade do LAS se deve tanto ao desempenho de detergência e o baixo custo de fabricação quanto ao seu agente emulsificante, causador de espuma e agente molhante (Mendes, 2016).

Os detergentes trabalham de forma a arrastar as partículas de sujeiras de classe apolar (como as gorduras) para o interior das micelas e estabilizá-las, mantendo-as em suspensão, e evitando que a sujeira volte a ser depositada sobre a superfície que está sendo limpa. Na figura 2 é mostrado como isso ocorre: as partículas na parte superior do desenho são as da sujeira que foram estabilizadas pelo detergente, e nessa condição não voltam para o interior, já as que estão no interior da peça, ainda não foram estabilizadas, e isso ocorre no processo de limpeza gradativamente, as partículas vão sendo estabilizadas e dessa forma retiradas do objeto durante o processo de limpeza.

**Figura 2** – Amostra esquemática da ação do detergente.



Fonte: Adaptado MENDES (2016).

De acordo com Zoller (2009), o processo de fabricação de detergentes tem seu início no processamento de matéria-prima básica que absorvem e refinam petróleo na forma bruto e os destilam como parafinas, benzenos e outros compostos orgânicos com características aromatizantes. Depois, estes já destilados são convertidos em uma grande quantidade de derivados, alguns destes em surfactantes. Tais derivados são produzidos a partir da reação de parafinas com os aromáticos, como por exemplo os alquilbenzenos e alquilfenóis. Ao final, as empresas que convertem os surfactantes, o fazem através de processos químicos para a manufatura de tal derivado, como a sulfonação e a sulfatação, afixando ou criando o grupo funcional solúvel (ou hidrofílico/polar) na cadeia hidrofóbica/polar. O mercado de surfactantes é grande, pois tem como principal atrativo o custo, diversidade e grande quantidade. Devido à natureza eletrostática deste grupo funcional, os surfactantes são classificados como aniônicos, catiônicos, anfóteros e não-iônicos.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Materiais**

##### *3.1.1 Cimento*

Para a produção do traço, foi utilizado o cimento Portland pozolânico CP II Z 32, em sacos de 50 kg, sendo este o mais utilizado regionalmente na fabricação de argamassa para revestimento e assentamento de blocos. De acordo com a NBR 5736 (ABNT), o conteúdo de

material pozolânico seco deve estar compreendido entre 15% e 50%, da massa total de aglomerante, sendo aceito uma margem de 5%.

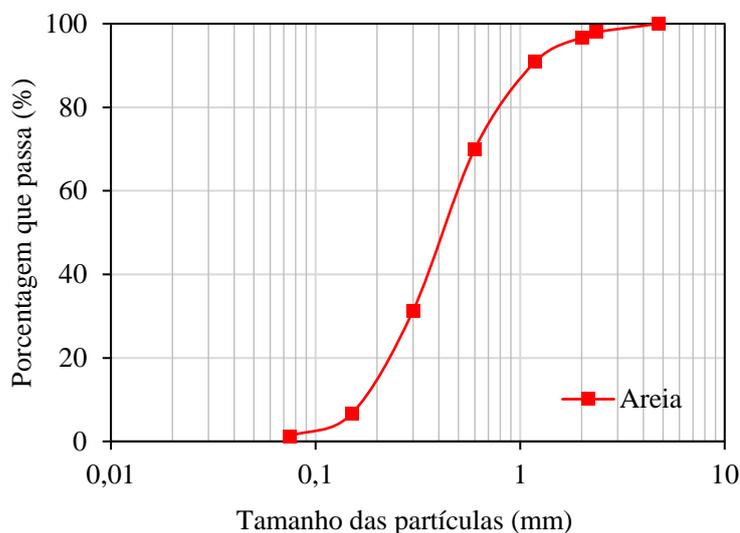
### 3.1.2 Água

A água utilizada na produção das argamassas apresentou a temperatura aproximada de 23°C e foi proveniente do abastecimento público da companhia de Saneamento de Goiás S.A (SANEAGO), da cidade de Ceres, Goiás, Brasil.

### 3.1.3 Agregado miúdo

Os agregados miúdos utilizados foram do tipo areia natural e fornecido pelo Laboratório de Materiais de Construção do Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, Campus Ceres. A areia natural não apresentou características uniformes satisfatórias quanto a sua granulometria em seu estado bruto de extração, desta forma foi realizado a sua classificação em laboratório com grãos passantes na peneira com abertura de malha de 4,75 mm e retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm de acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2019). Inicialmente, os agregados foram secos em estufa a 105 °C durante 24 horas. A composição granulométrica foi realizada com peneiramento através da série normal de acordo com a NBR NM 248 (ABNT, 2003). A areia foi classificada como média grossa devido a maior quantidade de agregado ter sido retido na peneira de 600µm, conforme apresentado na Gráfico 1.

**Gráfico 1** - Curva granulométrica do agregado miúdo.



Fonte: Próprio autor (2020).

### 3.1.4 Aditivos plastificantes e aglomerantes

Visando proporcionar a característica plástica da argamassa, foram utilizados neste estudo dois aditivos tradicionais e o aditivo LAS proposto. O primeiro aditivo utilizado foi o plastificante Vedalit da marca Vedacit® fornecido em *pouch* de 1 litro. O segundo aditivo

comercial avaliado será a CAL do tipo CH-III com características físicas conforme NBR 7175 (ABNT, 2003). O agente incorporador de ar que foi usado para análise é o Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio (LAS). Na dosagem foi utilizado um detergente doméstico neutro e que apresenta o LAS em sua composição.

### 3.2 Dosagem do AIA e composição do traço

As dosagens do LAS propostas na argamassa foram 0,1% e 0,8% em relação à massa do cimento, em concentração de surfactante, isto equivale 1 g tensoativos/1.000 g de cimento e 8 g tensoativos/ 1.000 g de cimento. Além do LAS, dois traços utilizando aditivos comerciais também foram elaborados. Uma mistura de argamassa sem adição de LAS foi adotada para efeito de comparação. A nomenclatura dos traços elaborados é apresentada na tabela 1.

**Tabela 1** – Nomenclatura dos traços estudados.

<b>Traço</b>	<b>Tipo</b>
ACON	Argamassa convencional sem adição de aditivos
AVED	Argamassa com aditivo da marca Vedalit
ACAL	Argamassa com aditivo Cal do tipo CH-III
AL01	Argamassa com 0,1% de LAS
AL08	Argamassa com 0,8% de LAS

Fonte: Próprio autor (2020).

A composição dos traços foi elaborada com argamassa composta de uma parte de cimento, três de areia e relação água/cimento de 0,48 de acordo com a NBR 7215 (ABNT, 2019). Tendo em vista que a incorporação de ar se dá através da mistura homogênea das partes da argamassa foi avaliado o índice de consistência de acordo com a norma NBR 13276 (ABNT, 2005).

### 3.3 Preparo das argamassas e moldagem

Inicialmente, foram adicionados os materiais secos em uma argamassadeira e parte da água (sem aditivo) adicionada aos poucos durante 30 segundos; a argamassa de referência recebeu o restante da água e foi misturada por mais um minuto; As argamassas aditivadas receberam, por sua vez, a parte restante da água com o respectivo teor de incorporador diluído na mesma, sendo também misturada por um minuto.

Os corpos de prova foram moldados seguindo as recomendações da NBR 5738 (ABNT, 2015) e com dimensões de 10 cm de altura por 5 cm de diâmetro. Os corpos de prova foram confeccionados no Laboratório de Materiais de Construção do Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, Campus Ceres. Após a inserção da argamassa nos moldes, estes permaneceram durante 24 horas para cura inicial, em seguida foram desenformados e imersos em tanque de água para que houvesse a cura úmida, ficando nessa condição durante 28 dias até o momento do ensaio de compressão.

### 3.4 Ensaios no estado fresco

#### 3.4.1 Consistência argamassa e entrada de ar

A consistência dos diferentes preparos das argamassas foi medida através do método de Índice de consistência - Determinada segundo a norma NBR 13276 (ABNT, 2005), onde a determinação é feita pela média do diâmetro de espalhamento de uma amostra tronco cônica de argamassa fresca colocada sobre uma mesa e submetida a quedas sucessivas que a deforma. As respostas desse processo foram conclusivas para a comparação dos resultados entre os diferentes preparos argamassados, visto que a plasticidade final é um dos objetivos do estudo.

#### 3.4.2 Teste na pasta de cimento

Foi usado o aparelho de Vicat com o objetivo de verificar a hidratação do aglomerante sem e com adição do plastificante proposto e dos tradicionais. O ensaio com o aparelho de Vicat analisaram os processos de tempo de pega da pasta de cimento e foram realizados de acordo com a NBR NM 65 (ABNT, 2003). O procedimento foi realizado inserindo a pasta de cimento de cada traço em um cone metálico e os posicionado no aparelho de Vicat conforme apresentado na Figura 3. Em seguida foram realizadas medições da penetração da agulha na pasta a cada 10 min até o ponto onde o aparelho registrou medições entre 3 a 5 centímetros.

**Figura 3** – Ensaio na pasta de cimento com aparelho de Vicat.



Fonte: Próprio autor (2020).

### 3.5 Propriedades Mecânicas

As propriedades mecânicas das argamassas foram avaliadas através dos ensaios de compressão simples e de tração por compressão diametral, realizados conforme recomendações da NBR 5739 (ABNT, 2018) e 7222 (ABNT, 2011) respectivamente. Nos ensaios foram rompidos para cada traço quatro corpos de provas (dois para cada ensaio) aos 28 dias de cura em uma prensa (Máquina Universal de Ensaios Mecânicos CONTECO),

disponível no Laboratório de Materiais de Construção do Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, Campus Anápolis. Após a realização dos ensaios, os resultados referentes à resistência mecânica dos corpos de prova foram anotados, tabelados e analisados.

### 3.6 Absorção de água

O teste de absorção de água por imersão foi realizado de acordo com a NBR 9778 (ABNT, 2005). No ensaio, inicialmente foi determinada a massa do corpo de prova antes de colocá-lo para cura úmida, em seguida, a massa dos corpos de prova foi medida a cada sete dias durante o período de cura. Durante o procedimento, os corpos de prova foram retirados, secados e pesados para obtenção de sua massa atual, em seguida imersos novamente. Ao final, os dados da massa em diferentes dias foram tabelados e calculados os valores totais de absorção.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análise da pasta de cimento

A análise do tempo de pega da pasta de cimento foi realizada de acordo com NBR NM 65 (ABNT, 2003) e os dados obtidos são apresentados na tabela 2. Como pode ser observado, o tempo de pega da pasta convencional aumentou após a adição da maioria dos aditivos propostos, com exceção da cal, onde houve uma redução do início do tempo de pega em 12 minutos. Devido a cal ser um material sólido, como o cimento, a relação água cimento é realizada a partir da soma dos dois materiais. Apesar da relação A/C ter sido igual às demais misturas o tempo de pega foi reduzido, este fenômeno está relacionado as propriedades de hidratação da cal magra, onde ela tende a absorver mais água durante a cura e acelerar o início do tempo de pega (COUTINHO, 1997).

**Tabela 2 - Tempo de pega das argamassas.**

<b>Traço</b>	<b>Tempo de pega (min)</b>
ACON	134
AVED	137
ACAL	122
AL01	162
AL08	182

Fonte: Próprio autor (2020).

O aumento do tempo de pega da pasta convencional após a adição dos demais aditivos variou entre 3 e 48 minutos de acordo com o aditivo utilizado. Para a argamassa com aditivo Vedacit houve apenas um pequeno aumento de 3 min em relação a argamassa convencional. Esta pequena alteração ocorre devido ao fato do aditivo Vedacit não apresentar a adsorção das moléculas de surfactantes. Ao contrário, no LAS ocorre o efeito de repulsão estérea, que faz com que haja o bloqueio físico das moléculas de água pelas moléculas de surfactante atrasando a reação topocímica entre as moléculas de cimento e água (MENDES, 2016).

Nos traços que utilizaram LAS em sua composição o tempo de pega subiu significativamente, variando de 28 min para o traço AL01 até 48 min na composição AL08. Os agentes incorporadores de ar são formados por surfactantes (como o LAS), que são compostos por moléculas de extremidade de polos diferentes uma polar e outra apolar. A extremidade polar tem o papel de ligação através da absorção superficial das partículas do cimento, dessa forma a extremidade apolar é orientada para a fase aquosa (CAVALCANTE, 2014). Dessa forma, superficialmente o cimento passa a ser hidrofóbico, e assim a sua reação com as moléculas de água é dificultada, resultando em um atraso nas reações de hidratação do cimento, portanto resultado no aumento do início do tempo de pega da pasta.

Portanto em se tratando de retardo do início do tempo de pega, o plastificante LAS é consideravelmente eficiente. Essa propriedade garante uma folga, ou um tempo maior para que a argamassa possa ser usada em trabalhos mais detalhados. O aumento do tempo de pega em materiais utilizados em aplicações não estruturais apresenta um valor significativo devido ao pouco consumo de material, e dessa forma, contribui para evitar o desperdício provocado pela perda de plasticidade da argamassa, e conseqüentemente a inutilização do produto.

#### 4.2 Índice de Consistência e teor de ar incorporado

A figura 4 mostra a configuração final das argamassas após o ensaio de consistência realizado em mesa vibradora conforme NBR 13276 (ABNT, 2005). A partir da análise visual de cada traço é possível avaliar uma tendência clara de crescimento da plasticidade, demonstrada pelo índice de consistência da argamassa.

**Figura 4** – Ensaio de abatimento. ACON (a), ACAL (b), AVED (c), AL01 (d), AL08 (e).



Fonte: Próprio autor (2020).

É possível observar diferentes formas de espalhamentos de acordo com cada traço estudado. Entre os traços, o ACON foi o único que apresentou uma desintegração devida o efeito dos golpes da mesa, e não caracterizando-se como um espalhamento. De acordo com NBR 13276 (ABNT, 2005), nesse caso o espalhamento adotado é o índice inicial de

espalhamento de 120 mm assumida pelo tronco cônico do ensaio. Os valores de espalhamento para cada traço são apresentados na tabela 3.

**Tabela 3** – Consistência, densidade e índice de incorporação de ar das argamassas estudadas.

Traço	Espalhamento (mm)	Densidade	Incorporação de ar
ACON	120	2,11 g/cm <sup>3</sup>	0%
AVED	144	2,15 g/cm <sup>3</sup>	-1,56%
ACAL	143	2,05 g/cm <sup>3</sup>	2,94%
AL01	147	1,98 g/cm <sup>3</sup>	6,57%
AL08	294	1,80 g/cm <sup>3</sup>	17,60%

Fonte: Próprio autor (2020).

O espalhamento medido para os traços AVED e ACAL foram de 144 mm e 143mm respectivamente. Quando comparados com o traço convencional ACON, pode-se observar um aumento médio de ~20% no índice de consistência das argamassas. Este aumento está relacionado a quantidade das moléculas de surfactantes proporcionam um melhor espalhamento das partículas de cimento, tornando a pasta mais fluida (MENDES, 2016).

As argamassas que utilizaram o aditivo LAS em sua dosagem apresentaram um aumento expressivo na consistência final, variando desde 147 mm para o traço AL01 até 294 mm para a AL08. Ao se analisar a argamassa preparada com 0,1% de LAS, nota-se uma suave variação positiva de 2% em relação ao traço AVED, indicando que a substituição do aditivo comercial pelo aditivo proposto é completamente viável considerando-se a composição com 0,1%. Seguindo esta tendência de crescimento, o traço AL08 apresentou índice de plasticidade extremamente alto (Figura 5e), considerando o traço ACON este aumento foi de 145%. Este resultado reforça a eficiência do LAS quanto ao ganho de plasticidade das argamassas. A alta plasticidade está relacionada a incorporação de ar gerada pelo aditivo LAS, e isso faz com que esse ar em forma de bolhas diminua o atrito das partículas de cimento e areia entre si, proporcionando um deslizamento melhor entre elas, e tornando o material mais fluído (OUYANG, et al., 2008).

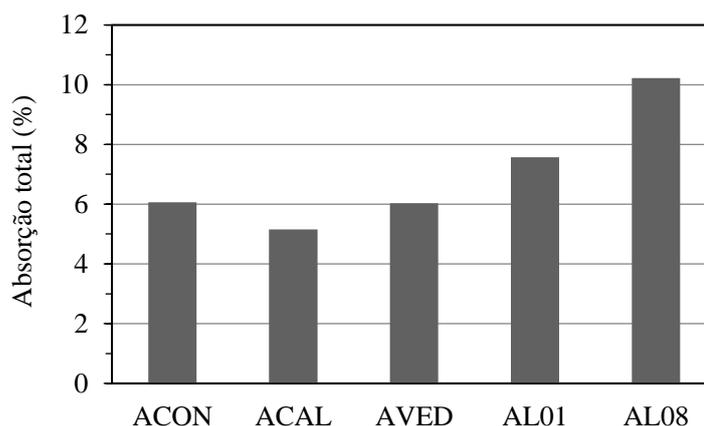
Na análise da consistência das argamassas, é possível observar que houve um crescimento da plasticidade com o uso do AIA LAS proposto como também foi observado por Mendes (2016). Os resultados indicam que mesmo em pequenas proporções aplicadas em relação ao cimento, a dosagem correta do aditivo pode ser eficiente em diversas aplicações.

A incorporação de ar existente nos corpos de provas com adição do AIA proposto, aponta a eficiência do LAS, esse efeito é notado quando se calcula a massa específica dos corpos de prova. Considerando-se que o volume do recipiente usado para os moldes são os mesmos, nota-se que as massas das amostras são diferentes, e portanto a massa específica se diferem uma das outras, isso evidencia que as argamassas com uma menor massa específica apresentaram uma maior incorporação de ar (MENDES, 2017).

### 4.3 Índice de vazios e absorção de água

A Gráfico 1 exibe os resultados do índice de absorção de água dos traços estudados. Com a análise é possível avaliar o comportamento do material durante a cura, pois além dos agregados, a pasta de cimento hidratada contém muitos tipos de vazios que podem influenciar diretamente as propriedades da argamassa.

**Gráfico 1** – Gráfico de absorção total de água das argamassas.



Fonte: Próprio autor (2020).

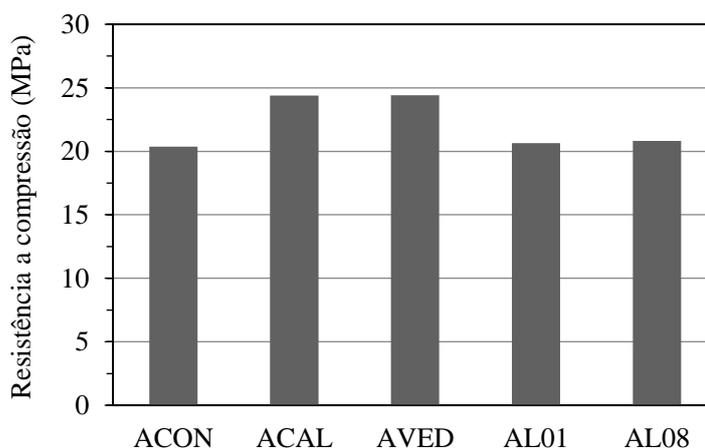
A partir da análise do gráfico foi constatado que a argamassa convencional teve uma maior absorção de água se comparado com a ACAL. Este fato ocorreu devido a argamassa convencional apresentar uma relação A/C muito baixa e não ter aditivo em sua composição. Além disso, existe a dificuldade da massa se adensar, proporcionando maior quantidade de poros capilares, e conseqüentemente aumentando a absorção de água pelo material (METHA e MONTEIRO,1994).

Entre os traços estudados, a mistura ACAL proporcionou a menor absorção de água entre as amostras. Tal fato está relacionado a sua composição de partículas muito finas, as quais ocupam os espaços vazios e reduzem a porosidade da mistura. Apesar de usar um aditivo comercial em sua composição, o traço AVED teve um comportamento de absorção de água semelhante ao da argamassa de convencional, entretanto, se comparar o ganho de trabalhabilidade, o uso do aditivo comercial apresenta um melhor desempenho durante a aplicação. Os resultados de absorção de água para os traços LAS01 e LAS08, demonstram uma tendência de aumento da absorção de água conforme a porcentagem de aditivo durante a dosagem é ampliada. Mendes et al. (2016) também observou um elevado aumento na absorção de água e na incorporação de ar na faixa de dosagem em seu estudo. Os resultados indicam que esta matriz é mais porosa, indicando que a porcentagem de poros é proporcional ao aumento da absorção de água desta amostra. O aumento do índice de vazios é observado após a adição do LAS, pois proporcionou uma menor massa específica e maior índice de absorção de água que os demais traços analisados. Este fato ocorreu devido à ação do tensoativo sobre a pasta de cimento ao gerar espaços esféricos e vazios maiores dentro da argamassa. Conseqüentemente, o uso do LAS proporciona uma melhor trabalhabilidade, devido a maior quantidade de ar incorporado na pasta de cimento.

#### 4.4 Caracterização mecânica

A Gráfico 2 e tabela 3 apresentam os resultados mecânicos dos ensaios de compressão e de tração por compressão diametral realizados aos 28 dias de cura para cada traço estudado. A idade de rompimento utilizada representa o tempo necessário do ensaio para que a argamassa atinja a sua resistência. Entretanto, isso não quer dizer que as argamassas não tenham mais ganho de resistência a partir desta idade, mas sim que o ganho é pouco expressivo.

**Gráfico 2** – Gráfico de resistência à compressão das argamassas.



Fonte: Próprio autor (2020).

**Tabela 4** – Resistência à compressão e tração diametral das argamassas estudadas.

Traço	Resistência a compressão (MPa)	Resistência a tração (MPa)
ACON	20,36	13,15
ACAL	24,38	13,96
AVED	24,41	15,29
AL01	20,64	12,74
AL08	20,82	12,74

Fonte: Próprio autor (2020).

A partir da análise do gráfico e da tabela é possível observar que as argamassas ACAL e AVED apresentaram a maior resistência entre os traços estudados, sendo uma resistência de ~24 MPa. O ganho na resistência destes traços em relação a argamassa convencional ocorre pela melhora no processo de hidratação da pasta de cimento, visto que se trata de produtos industrializados para este fim. Segundo Ouyang, Guo e Qiu (2008) a proporção adequada dos aditivos citados, pode aumentar não só a fluidez, mas também a resistência à compressão da matriz de cimento. Os autores ainda ressaltam que caso seja adicionado uma proporção excessiva de aditivos, a redução da resistência pode ocorrer como consequência.

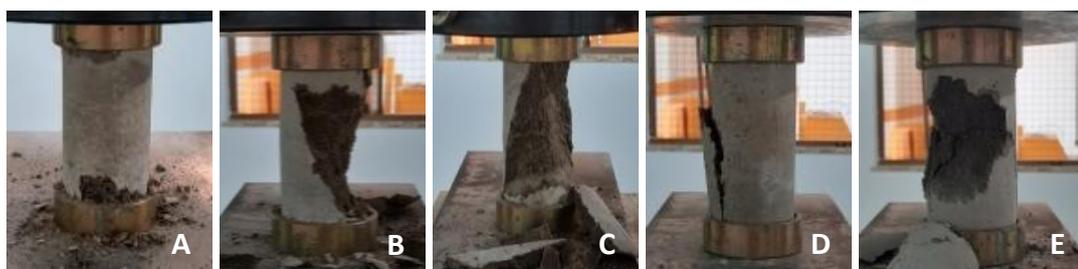
Por sua vez, as argamassas que utilizaram o aditivo LAS e a argamassa convencional apresentaram resistência mecânica a compressão em torno de 20 MPa. Este resultado indica que o uso do LAS não afeta a resistência mecânica das argamassas, deste modo, o aditivo é

eficiente para o qual fora proposto, visto que proporciona melhor trabalhabilidade e não causa perda de resistência do material.

A resistência mecânica apresenta uma relação diretamente ligada ao aumento da quantidade de ar incorporado na argamassa, e conseqüente aumento de pontos de menor resistência da matriz, sendo capaz de resistir a menores solicitações. Apesar disso, o tensoativo do LAS proporciona uma melhora no processo de cura da pasta de cimento, fazendo com que a resistência da argamassa não seja prejudicada (MENDES, 2017).

A Figura 5 apresenta as imagens de ruptura dos corpos de prova após o ensaio de resistência à compressão. É possível observar a presença da ruptura cônica para a argamassa convencional (Figura 5a) e para argamassa preparada com cal (Figura 5b). As argamassas com aditivo comercial (Figura 5c) e com o LAS (Figura 5d e 5e), apresentaram ruptura do tipo cônica e cisalhante, sendo classificada conforme indicado na norma NBR 5739 (ABNT, 2007).

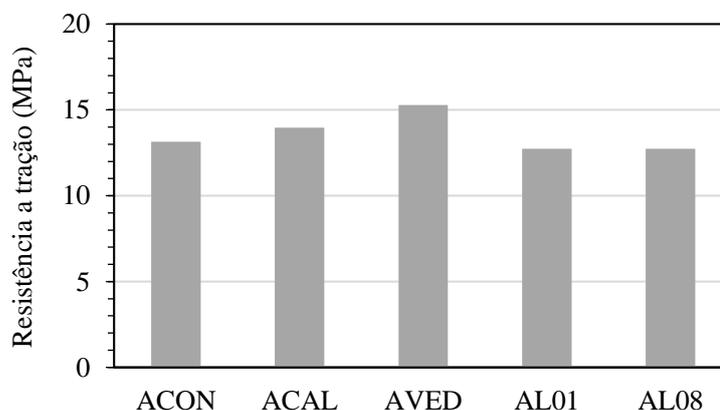
**Figura 5** – Ruptura dos corpos de prova após o ensaio de compressão. ACON (a), ACAL (b), AVED (c), AL01 (d), AL08 (e).



Fonte: Próprio autor (2020).

O ensaio de resistência à tração por compressão diametral, é feito semelhantemente ao de compressão, porém o corpo de prova é comprimido na posição horizontal, e a força de compressão exercida sobre o mesmo é feita fora de sua base e topo, mas na sua lateral, isso proporciona um comportamento de tração no corpo de prova (ABNT, 2011). O gráfico com os resultados do ensaio de tração é apresentado no gráfico 3. Os resultados também foram apresentados na tabela 3.

**Gráfico 3** – Gráfico de resistência a tração diametral das argamassas estudadas.



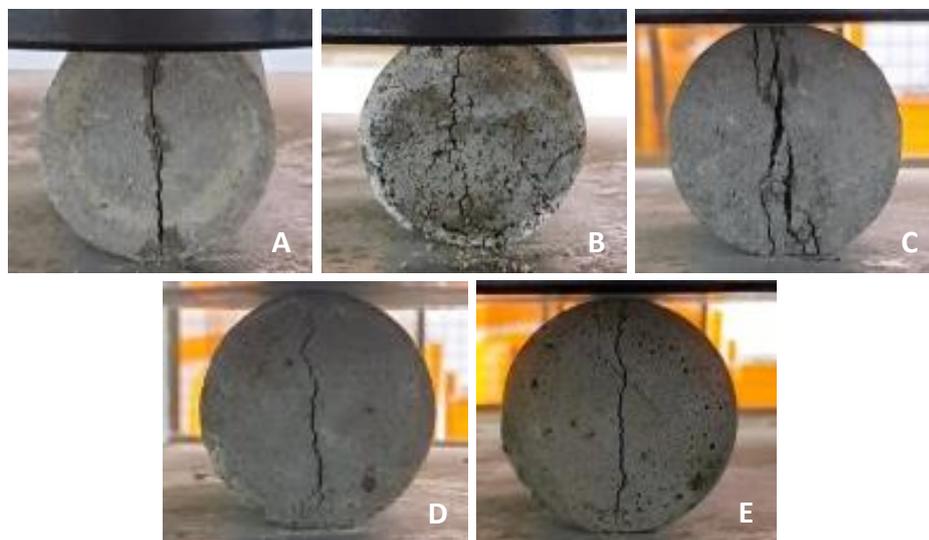
Fonte: Próprio autor (2020).

A partir do gráfico acima nota-se que os resultados de tração apresentaram uma tendência semelhante aos de compressão, onde as argamassas preparadas com os aditivos comerciais (ACAL e AVED) apresentaram um sutil ganho de resistência devido à maior área de contato entre as partículas. Isso acontece devido ao fato destes aditivos serem desenvolvidos para tal finalidade melhorando o processo de cura da argamassa, o que não é o caso do aditivo LAS, onde os resultados indicaram apenas em ganho de trabalhabilidade, a sutil diminuição da resistência à tração é ocasionada pela porosidade maior da argamassa, isto ocorre devido a uma interação menor entre as partículas da argamassa.

A resistência à tração é muito importante em elementos estruturais, porém em argamassas, esse fator não é o mais importante, no entanto é importante manter tais características, e no gráfico da Figura 9 pode ser notado que não houve perda significativa da resistividade, o que evidencia de forma efetiva a aplicabilidade do LAS.

Figura 6 é composta por cinco imagens das fissuras formadas no momento dos rompimento dos corpos de prova quanto submetidos ao ensaio de tração por compressão diametral, essas fissuras normalmente se formam ao longo do diâmetro da base até o topo, pois a carga aplicada, ao contrário do ensaio de compressão, incide ao longo da lateral circular do corpo de prova, teoricamente forçando o corpo de prova ensaiado a passar da forma circular para oval, no entanto, a argamassa já curada tem um comportamento frágil e ao ser forçado dessa maneira se rompe formando tais fissuras.

**Figura 6** – Perfil de ruptura dos corpos de prova após o ensaio de tração por compressão diametral. ACON (a), ACAL (b), AVED (c), AL01 (d), AL08 (e).



Fonte: Próprio autor (2020).

Como pode ser notado, as fissuras formadas são semelhantes nos traços das Figuras 6a, 6d e 6e, que são respectivamente ACON, AL01 e AL08, o que indica que o comportamento das argamassas com o aditivo plastificante LAS não foi alterado em relação a argamassa convencional. A análise da ruptura evidencia a efetividade do LAS como um eficiente aditivo plastificante, pois além de manter as características físicas, proporciona uma melhora na trabalhabilidade da argamassa.

Os resultados obtidos pelos rompimentos mostram importantes dados a serem avaliados, e ainda que a variação seja bem pequena, não há perda da resistividade, pois o uso da argamassa não é feito para resistir grandes esforços, e nesse caso a resistência não foi o fator preponderante.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados obtidos indicaram que as argamassas que utilizaram o aditivo LAS em sua composição apresentaram boas propriedades de trabalhabilidade alinhadas a inexistência de variações negativas em relação às suas propriedades mecânicas.

A análise da pasta de cimento apontou que o tempo de pega dos traços AL01 e AL08 foi ampliado em relação à argamassa convencional. A partir da densidade obtida para os materiais estudados foi possível observar que os traços que utilizaram LAS em sua composição obtiveram uma maior incorporação de ar do que as argamassas preparadas com demais aditivos, o que refletiu diretamente na plasticidade dos materiais. Em relação a absorção de água, as argamassas contendo o LAS apresentaram as maiores taxas de absorção, o que já era esperado, visto que a alta incorporação de ar gera um maior número espaços vazios.

As propriedades mecânicas dos corpos de provas com a mistura do LAS não sofreram grandes alterações entre elas, quando analisados os diferentes traços, houve um leve aumento das resistências de compressão e uma perda de resistência na tração dos corpos de provas preparados com LAS, quando comparado com a argamassa de referência, porém esse fator não inviabiliza a aplicabilidade.

Os resultados obtidos indicam que o uso do LAS, comumente chamado de detergente líquido, é altamente viável para aplicação em argamassas que necessitam de uma boa trabalhabilidade, fluidez e tempo de início de pega maior. Este estudo reforça ainda a excelente aplicabilidade deste material que até então era usado de forma aleatória e empírica.

## REFERÊNCIAS

- ANVISA. Resolução RDC Nº 40 - **Regulamento Técnico para Produtos de Limpeza e Afins**. Portal ANVISA, 2019. Disponível em:<[http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC\\_40\\_2008.pdf/0dbd3b90-7406-4735-b5d7-b7dbdfb7f666](http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_40_2008.pdf/0dbd3b90-7406-4735-b5d7-b7dbdfb7f666)>. Acesso em: 02 Junho 2020.
- ALEXANDRA, C. A.; GIAN, P. B. Archeologia e Società tra Tardo Antico e alto Medioevo. **SAP Società Archeologica s.r.l** 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **ABNT NBR NM 65**: Cimento Portland - Determinação do tempo de pega. Rio de Janeiro: ABNT. 2003.
- \_\_\_\_\_**ABNT NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- \_\_\_\_\_**ABNT NBR 5736**: Cimento Portland - Ensaio de pozolanicidade para cimento Portland pozolânico. Rio de Janeiro, 2016.
- \_\_\_\_\_**ABNT NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.
- \_\_\_\_\_**ABNT NBR 5739**: Concreto – Ensaio de Compressão de Corpos-de-prova Cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.
- \_\_\_\_\_**ABNT NBR 7175**: Cal hidratada para argamassas - Requisitos. Rio de Janeiro, 2003.
- \_\_\_\_\_**ABNT NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2019.
- \_\_\_\_\_**ABNT NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: ABNT. 1997.
- \_\_\_\_\_**ABNT NBR 7222**: Argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de cilíndrico testar amostras, ABNT, Rio de Janeiro, 2011.
- \_\_\_\_\_**ABNT NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios em massa específica. Rio de Janeiro: ABNT. 2009.
- \_\_\_\_\_**ABNT NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência, ABNT, Rio de Janeiro, 2005.
- CARASEK, H. "Argamassas". In: Isaia, G.C. (ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**, São Paulo, IBRACON, 2010
- CAVALCANTE, R. F.; et al. **Impactos Ambientais Do Alquil Benzeno Sulfonado Linear**. Holo 2014.
- COUTINHO, A. de S. **Fabrico e Propriedades do Betão**. 3.ed. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil - LNEC, 1997.

Di Corcia, Antonio, et al. **Characterization of recalcitrant intermediates from biotransformation of the branched alkyl side chain of nonylphenol ethoxylate surfactants**. Environmental science & technology, 1998.

Du, L. e Folliard, K. J., 2005. **Mechanisms of air entrainment in concrete**. Cement and Concrete Research, Volume 35, p. 1463–1471.

Jasiczak, J. e Zielinski, K., 2006. **Effect of protein additive on properties of mortar**. Cement e concrete Composites, Volume 28, p. 451–457.

Lea, F., 1971. **The Chemistry of Cement and Concrete**. Nova York: Chemical Publishing Company.

MARGALHA, Maria Goreti- **Argamassas**, 2011. Disponível em: <http://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/4969/1/Argamassas.pdf>.

MARQUES, S. M. F. **Estudos de argamassas de reabilitação de edifícios antigos**. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Aveiro. Aveiro. 2005.

Mehta, P. e Monteiro, P. J. M., 2014. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 2ª ed. São Paulo: IBRACON.

MENDES, J. C. **Viabilidade técnica do uso de Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio como aditivo incorporador de ar para matrizes cimentícias**. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, MG. 2016.

MENDES, Júlia Castro et al. **Mechanical, rheological and morphological analysis of cement-based composites with a new LAS-based air entraining agent**. Elsevier: Construction and Building Materials. Ouro Preto-MG, 05 abr. 2017.

METHA, K.; MONTEIRO, J. M., **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: PINI, 1994.

OUYANG, X.; GUO, Y.; QIU, X. **The feasibility of synthetic surfactant as an air entraining agent for the cement matrix**. Construction and Building Materials, 22. 2008

Powers, T. **The Properties of Fresh Concrete**. New York: John Wiley & Sons, 1968.

RECENA, Fernando Antonio Piazza. **Conhecendo a argamassa**. Segunda edição. Porto Alegre: EdiPucRS, 2012.

VIANA, Paulo Ricardo. **Estudo sobre a viabilidade técnica e econômica, da reutilização de um resíduo no processo de fabricação da cal hidratada**. 2016. 15 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenheiro de Produção, Centro Universitário de Formiga, Formiga-mg, 2016. Disponível em: <https://bibliotecadigital.uniformg.edu.br:21015/jspui/bitstream/123456789/484/1/PAULO%20RICARDO%20VIANA.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.

Zoller, U., 2009. **Handbook of Detergents, Part F: Production**. 1a ed. Boca Raton, Florida: CRC Press.