



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Curso de Graduação em Engenharia Civil



Taís Kuster Moro

Novo aditivo incorporador de ar biodegradável para matrizes cimentícias



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Curso de Graduação em Engenharia Civil



Taís Kuster Moro

Novo aditivo incorporador de ar biodegradável para matrizes cimentícias

Monografia apresentada ao Curso de
Engenharia Civil da Universidade Federal de
Ouro Preto como parte dos requisitos para a
obtenção do Grau de Engenheiro Civil

Área de concentração: Materiais

Orientador: Prof. D.Sc. Ricardo André Fiorotti Peixoto

Orientadora: Prof^a. M.Sc. Julia Castro Mendes

M867n Moro, Taís Kuster.
Novo aditivo incorporador de ar biodegradável para matrizes cimentícias
[manuscrito] / Taís Kuster Moro. - 2017.

38f.: il.: color; grafs; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo André Fiorotti Peixoto.
Coorientadora: Prof^a. MSc^a. Julia Castro Mendes.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de
Minas. Departamento de Engenharia Civil.

1. Engenharia civil. 2. Cimento - Industria. 3. Industria de construção civil -
Aspectos ambientais. I. Peixoto, Ricardo André Fiorotti. II. Mendes, Julia
Castro. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Titulo.

CDU: 624

Catálogo: ficha@sisbin.ufop.br



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Curso de Graduação em Engenharia Civil



Taís Kuster Moro

Novo aditivo incorporador de ar biodegradável para matrizes cimentícias

Monografia de conclusão de curso
para obtenção do Grau de Engenharia Civil
na Universidade Federal de Ouro Preto,
defendida e aprovada em 01 de Setembro
de 2017, pela banca examinadora
constituída pelos professores:

Prof. Ricardo André Fiorotti Peixoto (D.Sc.) – Orientador – UFOP

Prof^a. Julia Castro Mendes (M.Sc.) – Orientadora – UFOP

Prof. Keoma Defáveri do Carmo e Silva (M.Sc.) – PROPEC/UFOP

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, especialmente aos meus pais, pelo carinho e apoio incondicional. Apesar de todas as dificuldades, não mediram esforços para que eu alcançasse meus objetivos. Sem vocês esse momento não seria possível.

Agradeço aos meus amigos pelas boas risadas. Com vocês as horas de estudo se tornaram agradáveis e levo comigo momentos inesquecíveis.

Agradeço ao Marcos pelo amor, cumplicidade e incentivo, fundamentais durante esse período.

Agradeço à Universidade Federal de Ouro Preto e à todos os professores, pelo conhecimento e experiências.

Agradeço aos meus orientadores, Prof. D.Sc. Ricardo André Fiorotti Peixoto e Prof^a. M.Sc. Julia Castro Mendes, pela dedicação, paciência, confiança e por todo conhecimento compartilhado. Vocês foram fundamentais na minha formação profissional e pessoal. Agradeço também ao Grupo RECICLOS pelas oportunidades e convívio em um espaço de amizade e conhecimento. Gostaria de agradecer especialmente ao Junio Oliveira dos Santos Batista, pelo companheirismo e amparo nas atividades do laboratório.

Gostaria de agradecer ao PROPEC, à CAPES, à Fapemig e ao CNPq pelo apoio organizacional e financeiro. E à todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho, direta ou indiretamente.

RESUMO

Amplamente empregado na construção civil, o concreto nem sempre possui todas as propriedades necessárias à sua aplicação. Em vista disso, os aditivos devem ser incluídos nessa mistura. Aditivo é qualquer substância (excetuando-se água, agregados, cimento hidráulico ou fibras) que quando adicionada à matriz cimentícia, antes ou durante a mistura, é capaz de modificar algumas de suas propriedades. Os aditivos incorporadores de ar, por exemplo, introduzem microbolhas de ar que ficam homogeneamente dispersas no interior da matriz cimentícia. Essas microbolhas melhoram sua trabalhabilidade, com potencial de diminuição da relação água/cimento da mistura. Esse tipo de aditivo é formado por substâncias surfactantes, mesmo princípio ativo dos detergentes domésticos. Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho da incorporação de ar da substância Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio proveniente de detergentes domésticos quando adicionadas à matriz cimentícia. Para isso foram produzidas matrizes cimentícias de referência (sem aditivo), com o aditivo incorporador de ar proposto e com aditivo comercial para efeito de comparação. Como metodologia foram realizados ensaios de caracterização para pasta de cimento e para argamassa nos estados fresco e endurecido, conforme as normas da ABNT. Diante dos resultados obtidos, comprovou-se que o aditivo incorporador de ar proposto trouxe efeitos positivos no desempenho da argamassa. Porém, uma dosagem excessiva dessa substância possui em efeito negativo em suas propriedades. Comparativamente, o aditivo incorporador de ar proposto apresentou resultados similares ao aditivo incorporador de ar comercial, entretanto, a substância em estudo ainda possui como vantagens ser um produto biodegradável, de baixo custo e ter ampla disponibilidade no mercado.

Palavras-chave: Aditivo Incorporador de Ar; Biodegradável; Substância Surfactante; Matriz Cimentícia

ABSTRACT

Widely employed in construction, concrete does not always have the necessary properties for its application. In this sense, chemical admixtures are included in this mixture. Chemical admixtures are any substance (except water, aggregates, hydraulic cement or fibers), which, when added to the cement matrix, before or during the mixing, are able to modify some of its properties. Air-entraining admixtures, for example, introduce air microbubbles that remain homogeneously dispersed within the cement-based composite. These microbubbles improve their workability, with potential to decrease the water/cement ratio of the mixture. This type of chemical admixture consists of surfactant substances, the same active principle of household detergents. Therefore, the objective of this work was to evaluate the performance of the air entrainment of Linear Alkylbenzene Sodium Sulfonate from household detergents when added to the cementitious matrix. For this purpose, reference mortars (without chemical admixtures) were produced, with the proposed air admixture and with commercial admixture for comparison purposes. As methodology, characterization tests were performed for cement paste and for mortar in the fresh and hardened states, according to ABNT standards. Given the results, it was verified that the proposed air-entraining admixture had positive effects on the performance of the mortar. However, an excessive dosage of this substance has a negative effect on its properties. Comparatively, the proposed air-entraining admixture presented similar results to the commercial one. However, the test substance still has the advantages of being a biodegradable, low-cost product and widely available in the market.

Keywords: Air Entraining Admixture; Biodegradable; Surfactant Substance; Cement Matrix

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Molécula de Linear Alquil Benzeno	12
Figura 2: Efeito das moléculas de surfactantes nas interfaces.....	14
Figura 3: Sistema de ação dos Aditivos Incorporadores de Ar	15
Figura 4: (a) Aparelho de Vicat para cimento, (b) Agulha para fim de pega e (c) Agulha para início de pega.....	20
Figura 5: (a) Mesa de consistência, (b) Soquete e (c) Molde troncônico	21
Figura 6: Equipamento para determinação do Teor de Ar Incorporado	22
Figura 7: Equipamento para a determinação do Módulo de Elasticidade Dinâmico..	24
Figura 8: Tempo de início e fim de pega da pasta de cimento de referência (sem aditivo) e com AIA proposto	25
Figura 9: Índice de Consistência e Teor de Ar Incorporado para argamassa de referência (sem aditivo), com AIA proposto e AIA comercial	26
Figura 10: Ensaio de Índice de Consistência para argamassa com AIA proposto	27
Figura 11: Massa Específica Aparente e Absorção de Água para argamassa de referência (sem aditivo), com AIA proposto e AIA comercial	28
Figura 12: Resistência à Compressão e Módulo de Elasticidade Dinâmico para argamassa de referência (sem aditivo), com AIA proposto e AIA comercial	30
Figura 13: Imagens obtidas das matrizes cimentícias com aumento de 45x	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Soluções e dosagens propostas para o AIA Proposto	18
Tabela 2: Relação entre a massa de detergente e cimento para as diferentes soluções e dosagens propostas	19
Tabela 3: Dosagens do AIA comercial em relação à massa de cimento.....	19
Tabela 4: Materiais utilizados e quantidades (NBR 7512).....	20

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1. SUBSTÂNCIAS SURFACTANTES	14
3.2. ADITIVOS INCORPORADORES DE AR	15
3.3. DETERGENTES DOMÉSTICOS.....	17
4. METODOLOGIA	18
4.1. MATERIAIS	18
4.2. CARACTERIZAÇÃO DA PASTA DE CIMENTO	20
4.2.1. Tempo de Pega	20
4.3. CARACTERIZAÇÃO NO ESTADO FRESCO.....	21
4.3.1. Índice de Consistência.....	21
4.3.2. Teor de Ar Incorporado.....	21
4.4. CARACTERIZAÇÃO NO ESTADO ENDURECIDO	22
4.4.1. Absorção de Água	22
4.4.2. Massa Específica Aparente	23
4.4.3. Resistência à Compressão	23
4.4.4. Módulo de Elasticidade Dinâmico	23
4.4.5. Microscopia.....	24
5. RESULTADOS	25
5.1. RESULTADO DA CARACTERIZAÇÃO DA PASTA DE CIMENTO.....	25
5.1.1. Tempo de Pega	25
5.2. RESULTADO DA CARACTERIZAÇÃO NO ESTADO FRESCO.....	26
5.2.1. Índice de Consistência e Teor de Ar Incorporado	26
5.3. RESULTADO DA CARACTERIZAÇÃO NO ESTADO ENDURECIDO.....	28

5.3.1. Massa Específica Aparente e Absorção de Água	28
5.3.2. Resistência à Compressão e Módulo de Elasticidade Dinâmico	29
5.3.3. Microscopia Óptica.....	31
6. CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS.....	34
ANEXOS	36
ANEXO A – SUBMISSÃO PARA O 22º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS	36
ANEXO B – PUBLICAÇÃO NA REVISTA CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS	37
ANEXO C – SUBMISSÃO PARA O PRÊMIO LAFARGEHOLCIM	38

1. INTRODUÇÃO

Concreto é um material compósito que consiste, essencialmente, de um meio aglomerante no qual estão dispersos os agregados. No concreto de cimento hidráulico, o aglomerante é formado de uma mistura de cimento hidráulico e água (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Amplamente empregado na construção civil, o concreto nem sempre possui as propriedades necessárias à sua aplicação. Em vista disso, os aditivos devem ser inclusos nessa mistura.

Aditivo é qualquer substância (excetuando-se água, agregados, cimento hidráulico ou fibras) que quando adicionada à matriz cimentícia, antes ou durante a mistura, é capaz de modificar algumas de suas propriedades, no sentido de melhor adequá-las a determinadas condições. Atualmente, há a disponibilidade de diferentes tipos e marcas de aditivos no mercado. Esses materiais possuem variadas composições e são, geralmente, misturados às matrizes cimentícias com o objetivo de, entre outros: melhorar a trabalhabilidade sem aumentar o consumo de água, reduzir a exsudação e segregação, retardar ou acelerar o tempo de pega, acelerar o desenvolvimento da resistência nas idades iniciais, reduzir a taxa de evolução do calor e aumentar a durabilidade.

Os aditivos incorporadores de ar, cujo princípio ativo são tensoativos ou surfactantes, introduzem microbolhas de ar que ficam homogeneamente dispersas no interior da matriz. Essas microbolhas melhoram sua trabalhabilidade, com potencial de diminuição da relação água/cimento da mistura. Esse tipo de aditivo é normalmente empregado na produção de concretos leves, bombeáveis ou sujeitos a ciclos de gelo e degelo. Os aditivos incorporadores de ar são compostos por substâncias surfactantes. As substâncias surfactantes são formadas por moléculas com uma extremidade polar e outra apolar, que atuam na diminuição da tensão superficial (Figura 1).

Figura 1: Molécula de Linear Alquil Benzeno

Fonte: Adaptado de Mendes, 2016

A extremidade polar liga-se por adsorção à superfície das partículas de cimento, deixando a extremidade apolar orientada para a fase aquosa. Dessa forma, a superfície do cimento se torna hidrofóbica enquanto a extremidade polar promove a estabilização de bolhas. É importante salientar que essa película hidrofóbica que envolve as partículas de cimento retarda a reação de hidratação do cimento, podendo uma dosagem excessiva de aditivo retardar excessivamente essa reação (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

O Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio (LAS) apresenta em sua estrutura molecular uma extremidade polar e outra apolar, o que faz dele uma substância surfactante. O LAS também é uma das principais substâncias na composição química dos detergentes domésticos. Comparativamente aos aditivos incorporadores de ar comerciais, os detergentes domésticos apresentam ampla disponibilidade no mercado, baixo custo e são substâncias biodegradáveis (ANVISA, 2008).

2. OBJETIVOS

Essa pesquisa tem como objetivo avaliar o desempenho da incorporação de ar da substância Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio proveniente de detergentes domésticos quando adicionadas à matriz cimentícia. Os objetivos específicos são:

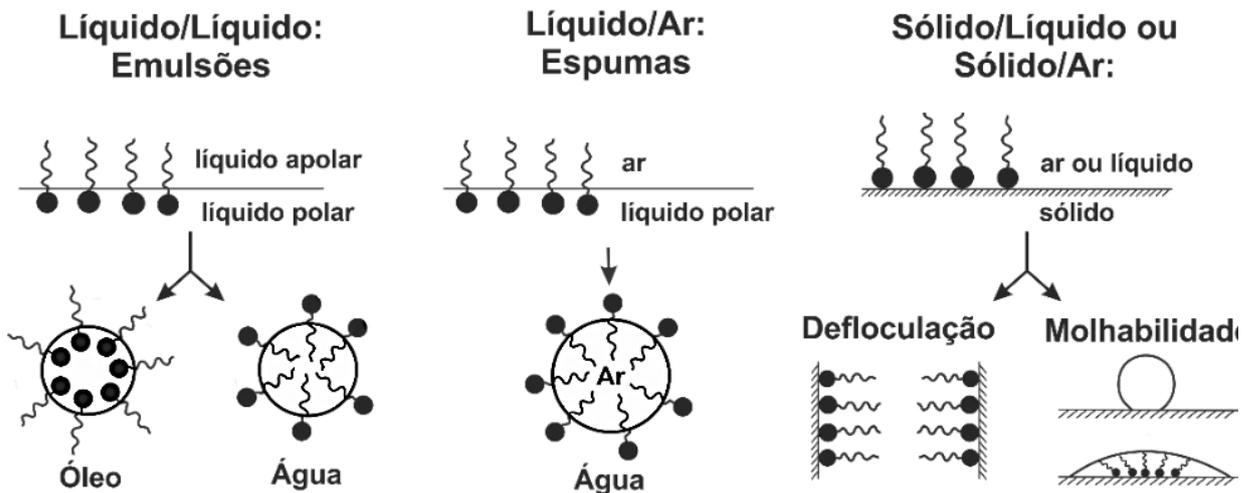
- I. Determinar as propriedades físicas e mecânicas das matrizes cimentícias de referência, contendo aditivo incorporador de ar proposto e comercial;
- II. Análise macroscópica comparativa da quantidade de poros entre as matrizes cimentícias de referência, contendo aditivo incorporador de ar proposto e comercial;
- III. Avaliar resultados obtidos comparando com a literatura disponível.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. SUBSTÂNCIAS SURFACTANTES

Substâncias surfactantes são compostos que diminuem a tensão superficial da água através do balanço químico de suas moléculas (YOUNG *et al.*, 1998). Na fronteira entre duas camadas imiscíveis, essas moléculas se alinham e sua extremidade hidrofílica (polar) se combina com a água (ou outro líquido polar) e a extremidade hidrofóbica (apolar) se combina com o outro líquido não polar. Esse alinhamento reduz a energia interfacial permitindo uma emulsão estável entre os dois líquidos que antes eram imiscíveis. Segundo Young *et al.* (1998) essas mesmas moléculas também podem atuar em interfaces ar-líquido e sólido-líquido ou ar-sólido (Figura 2).

Figura 2: Efeito das moléculas de surfactantes nas interfaces



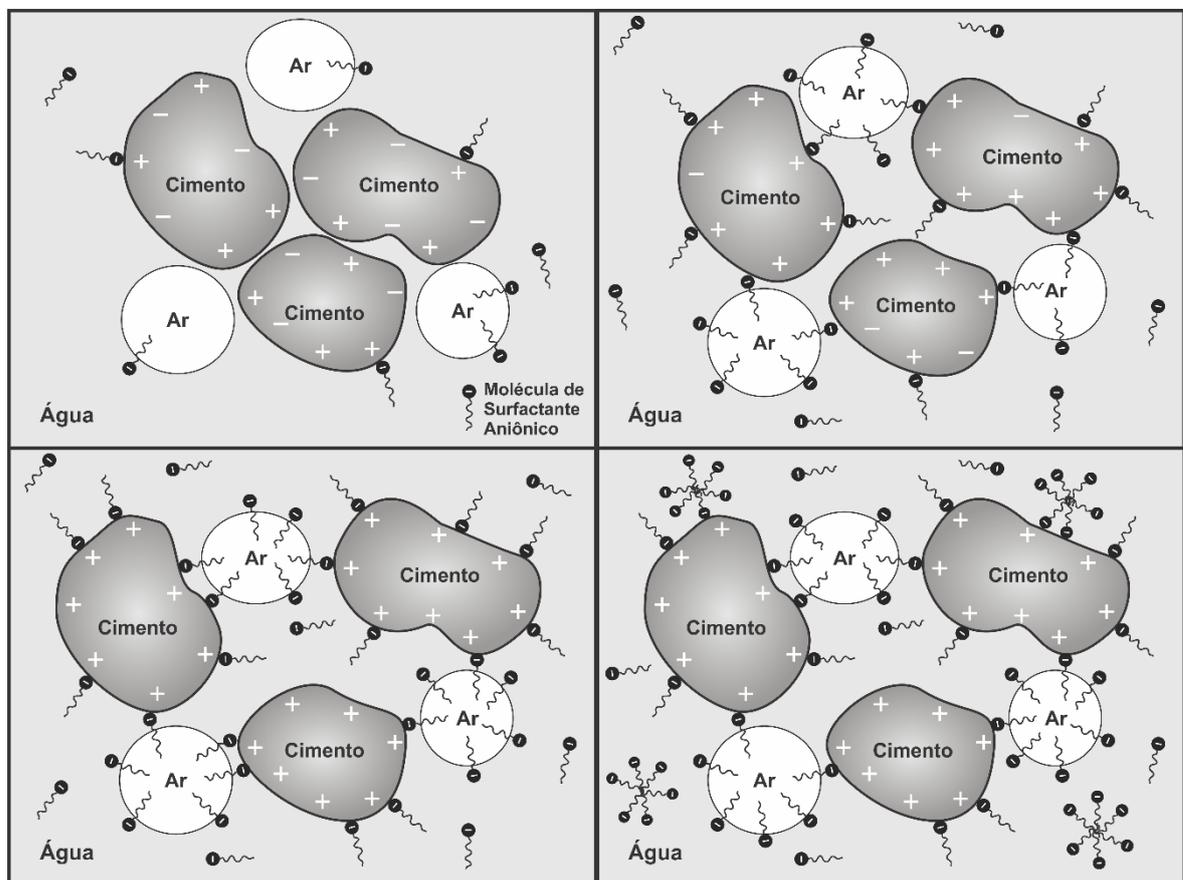
Fonte: Mendes, 2016, adaptado de Young *et al.*, 1998

As substâncias surfactantes estão presentes em uma ampla gama de produtos disponíveis no mercado, como: detergentes, cosméticos, fármacos, alimentos, lubrificantes, entre outros.

3.2. ADITIVOS INCORPORADORES DE AR

Incorporação de ar é o processo pelo qual microbolhas de ar (menores que 300µm) são incorporadas à matriz cimentícia tornando-se parte dela (RAMACHANDRAN, 1995). Esse efeito é obtido através do uso de aditivos incorporadores de ar dissolvidos na água de mistura do concreto. Esses aditivos estabilizam as microbolhas, impedindo que coalesçam (se unam em bolhas maiores) ou migrem para a superfície, se desfazendo (Figura 3).

Figura 3: Sistema de ação dos Aditivos Incorporadores de Ar



Fonte: Mendes, 2016, adaptado de Young *et al.*, 1998

A imagem acima representa o sistema de interação das moléculas de surfactante em uma matriz cimentícia. Na interface sólido-água a extremidade polar da molécula de surfactante se liga ao cimento, mantendo a extremidade apolar direcionada para a fase aquosa. Simultaneamente, na interface ar-água a extremidade apolar se liga as bolhas de ar, orientando a extremidade polar para a

fase aquosa. Essa configuração permite que as partículas sólidas de cimento, agora hidrofóbicas, se liguem as partículas de ar, há pouco com superfície hidrofílica. Ainda nesse sistema podemos observar a adsorção de moléculas de surfactantes na fase líquida.

Alguns parâmetros podem influenciar o teor de ar incorporado e o fator de espaçamento das bolhas no concreto, tais como:

- I. Dosagem do aditivo incorporador de ar: quanto maior a quantidade de aditivo incorporador de ar for utilizado na matriz cimentícia, maior será a quantidade de bolhas incorporadas.
- II. Velocidade e tempo de mistura: com uma maior velocidade de mistura mais ar é incorporado à matriz. Porém, diferente do que se espera, um tempo de mistura prolongado não incorpora uma grande quantidade de ar, e, se certo limite de tempo for ultrapassado, pode haver um decréscimo da quantidade de ar incorporado.
- III. Vibração: a vibração do concreto reduz a quantidade de ar incorporado, como era esperado, uma vez que esse processo é utilizado para o adensamento do concreto.
- IV. Utilização de outros aditivos: se outro aditivo também for adicionado à matriz cimentícia, o aditivo incorporador de ar deve ser adicionado separadamente, pois podem ocorrer reações entre os aditivos resultando em um decréscimo da incorporação de ar. Ademais, aditivos redutores de água ou retardadores de lignosulfonato possuem uma moderada capacidade de incorporar ar, portanto, quando algum desses aditivos forem adicionados à mistura, a quantidade de aditivo incorporador de ar utilizada deve ser menor.
- V. Temperatura: quanto maior a temperatura do concreto, menor será o efeito de incorporação de ar. Isso acontece porque com a temperatura maior entende-se que menor será a quantidade de água disponível para a formação das bolhas.

Os aditivos incorporadores de ar melhoram a trabalhabilidade e consistência do concreto, reduzem a exsudação e segregação e tem maior durabilidade quando o concreto é exposto a processos de gelo e degelo (RAMACHANDRAN, 1995). Entretanto, a resistência mecânica do concreto é reduzida com o aumento do teor de

ar incorporado devido à porosidade da matriz cimentícia (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Além disso, como os surfactantes tornam as partículas de cimento hidrofóbicas, há um retardamento no processo de hidratação do cimento.

3.3. DETERGENTES DOMÉSTICOS

Os detergentes são classificados de acordo com o tipo de tensoativo utilizado como princípio ativo (AMARAL; JAIGOBING; JAISINGH, 2007). A maioria dos agentes tensoativos tem molécula com um grupo hidrófilo numa das extremidades e um grupo hidrófobo na outra. A extremidade hidrófoba é formada por uma cadeia de hidrocarbonetos e a hidrófila é a parte polar da molécula e pode ser aniônica, catiônica e não-iônica. O LAS é um agente tensoativo aniônico, ou seja, em solução aquosa se ioniza produzindo íons orgânicos negativos, os quais são responsáveis pela atividade superficial. Essa característica ainda confere biodegradabilidade ao LAS segundo exigências da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2008).

Em relação ao ataque químico, o surfactante predominante na composição dos detergentes domésticos, o LAS, não possui sulfatos (SO_4^{2-}) que poderiam reagir com os produtos de hidratação do cimento. Em sua composição química predominam os sulfonatos (SO_3^{-1}), sobre os quais a literatura não atribui consequências nocivas às matrizes cimentícias (MENDES, 2016).

4. METODOLOGIA

4.1. MATERIAIS

Como metodologia do presente projeto, foram produzidas matrizes cimentícias de referência (sem aditivo), com o aditivo proposto e com aditivo comercial para efeito de comparação. O traço adotado foi o de 1:3:0,48 determinado pela NBR 7215. Para esse traço foram utilizados os seguintes materiais:

- Cimento Portland CP-II-F-32;
- Areia de rio da região dividida em 4 frações iguais: grossa, média grossa, média fina e fina (NBR 7214);
- Água potável da UFOP;
- Aditivo incorporador de ar proposto (AIA proposto);
- Aditivo incorporador de ar comercial (AIA comercial).

Foram definidas soluções de AIA proposto e dosagens para essas soluções em variadas concentrações como apresenta a Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Soluções e dosagens propostas para o AIA Proposto

SOLUÇÕES	0% (referência)	DOSAGENS	0 (referência)
	0,5% de detergente		1 g/kg de cimento
	5% de detergente		2 g/kg de cimento
	50% de detergente		4 g/kg de cimento
	100% de detergente		8 g/kg de cimento

A partir dessas soluções e dosagens foi possível encontrar as relações detergente/cimento em massa como é apresentado na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2: Relação em massa detergente/cimento para as diferentes soluções e dosagens propostas

		DOSAGEM			
		0,1%	0,2%	0,4%	0,8%
SOLUÇÃO	0,5%	0,0005%	0,0010%	0,0020%	0,0040%
	5,0%	0,0050%	0,0100%	0,0200%	0,0400%
	50,0%	0,0500%	0,1000%	0,2000%	0,4000%
	100,0%	-	-	-	0,8000%

Para o AIA comercial foram definidas 3 dosagens de acordo com as orientações do fabricante. A Tabela 3 abaixo expressa esses valores.

Tabela 3: Dosagens do AIA comercial em relação à massa de cimento

AIA Comercial	
Massa	Porcentagem
0,2 g/kg	0,0200%
1,1 g/kg	0,1100%
2,0 g/kg	0,2000%

Ao total, foram produzidos 17 traços diferentes, sendo 13 traços com o AIA proposto, 3 traços com AIA comercial e 1 traço de referência (sem aditivo). A Tabela 4 a seguir resume as informações sobre a metodologia apresentadas até o momento.

Tabela 4: Materiais utilizados e quantidades (NBR 7512)

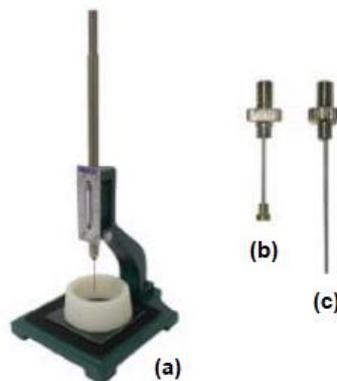
MATERIAL		MASSA (g)
Cimento Portland CP-II-F-32		624
Areia	Grossa (1,2-2,4 mm)	468
	Média Grossa (0,6-1,2 mm)	468
	Média Fina (0,3-0,6 mm)	468
	Fina (0,15-0,3 mm)	468
Água		300
AIA Proposto		0,62 – 4,99
AIA Comercial		0,2 – 2,0

4.2. CARACTERIZAÇÃO DA PASTA DE CIMENTO

4.2.1. Tempo de Pega

Os tempos de início e fim de pega podem ser determinados com o auxílio do aparelho de Vicat (Figura 4) e conforme os procedimentos descritos pela NBR NM 65 (2003). No presente trabalho este ensaio foi realizado em uma pasta de cimento de referência (sem aditivo) e com AIA proposto para avaliar as alterações nas reações de hidratação do cimento.

Figura 4: (a) Aparelho de Vicat para cimento, (b) Agulha para fim de pega e (c) Agulha para início de pega



Fonte: Catálogo SOLOTEST – Cimento, Argamassa e Refratário, 2017

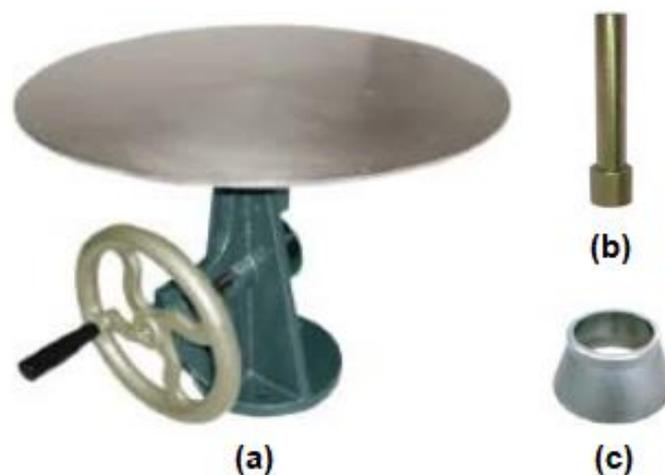
4.3. CARACTERIZAÇÃO NO ESTADO FRESCO

Para a caracterização da argamassa no estado fresco foram realizados os seguintes ensaios.

4.3.1. Índice de Consistência

Segundo os procedimentos descritos pela NBR 7215 (1997), neste ensaio a argamassa deve ser moldada em uma forma troncônica com o auxílio de um soquete. Terminada a moldagem, a forma é retirada e submete-se a argamassa a 30 golpes em aproximadamente 30 segundos na mesa de consistência, o que provocará o abatimento do tronco de cone da argamassa. O índice de consistência é a média aritmética das medidas de dois diâmetros da base do tronco de cone de argamassa após o abatimento. A Figura 5 ilustra os materiais utilizados.

Figura 5: (a) Mesa de consistência, (b) Soquete e (c) Molde troncônico



Fonte: Catálogo SOLOTEST – Cimento, Argamassa e Refratário, 2017

4.3.2. Teor de Ar Incorporado

Neste ensaio foi utilizado o Método Pressométrico. Com o auxílio do equipamento da SOLOTEST (Figura 6), obtém-se o valor do teor de ar incorporado através da leitura diretamente no visor do aparelho.

Figura 6: Equipamento para determinação do Teor de Ar Incorporado



Fonte: Catálogo SOLOTEST – Concreto e Agregado, 2017

4.4. CARACTERIZAÇÃO NO ESTADO ENDURECIDO

A partir dos corpos de prova de dimensões $\emptyset 5 \times 10 \text{ cm}$ fabricados, foram determinadas as propriedades físicas e mecânicas da argamassa no estado endurecido através dos seguintes ensaios.

4.4.1. Absorção de Água

Segundo os procedimentos descritos pela NBR 9778 (2009), neste ensaio o corpo de prova deve ser pesado depois de ser mantido por 72 horas em estufa, obtendo-se sua massa seca (M_s). Completada a secagem em estufa e determinada a massa, procede-se com a imersão do corpo de prova em água por mais 72 horas. Posteriormente, com a superfície seca, o corpo de prova deve ser submetido a mais uma pesagem obtendo-se sua massa saturada (M_{sat}). A absorção de água (AA) é definida então pela seguinte expressão:

$$AA = \frac{M_{sat} - M_s}{M_s} \times 100 \quad (1)$$

4.4.2. Massa Específica Aparente

Segundo os procedimentos descritos pela NBR 13280 (2005), neste ensaio o volume (V) do corpo de prova é calculado, em cm^3 , a partir das médias das medidas do diâmetro e da altura. Com uma balança é registrada a massa (M) da amostra. A massa específica aparente (γ_{ap}) é então calculada pela seguinte expressão:

$$\gamma_{ap} = \frac{M}{V} \quad (2)$$

4.4.3. Resistência à Compressão

De acordo com os procedimentos descritos pela NBR 7215 (1997), neste ensaio o corpo de prova deve ser capeado adequadamente com enxofre aquecido e, posteriormente, é submetido à um carregamento axial efetuado por uma prensa hidráulica. A resistência final (f_c) é determinada pela razão entre a carga de ruptura (F) pela área do corpo de prova (A).

$$f_c = \frac{F}{A} \quad (3)$$

4.4.4. Módulo de Elasticidade Dinâmico

Este ensaio foi realizado com o auxílio do equipamento Proceq TICO (Figura 7) e os procedimentos executados de acordo com a NBR 15630 (2009). Por meio de um método não-destrutivo, o aparelho determina a velocidade de propagação de ondas longitudinais de pulsos ultrassônicos através do corpo de prova. O módulo de elasticidade dinâmico (E_d) é então calculado pela seguinte expressão:

$$E_d = v^2 \gamma_{ap} \frac{(1 + \mu)(1 - 2\mu)}{(1 - \mu)} \quad (4)$$

Figura 7: Equipamento para a determinação do Módulo de Elasticidade Dinâmico



Fonte: Institute IMIDIS

4.4.5. Microscopia

A análise microestrutural do sistema de vazios foi realizada através de um microscópio óptico Coleman NTB-3A. Para isso, os corpos de prova foram seccionados com o auxílio de serra diamantada em corte via úmida. Posteriormente, foram polidos com lixa d'água com o propósito de criar uma superfície plana após o processo de corte.

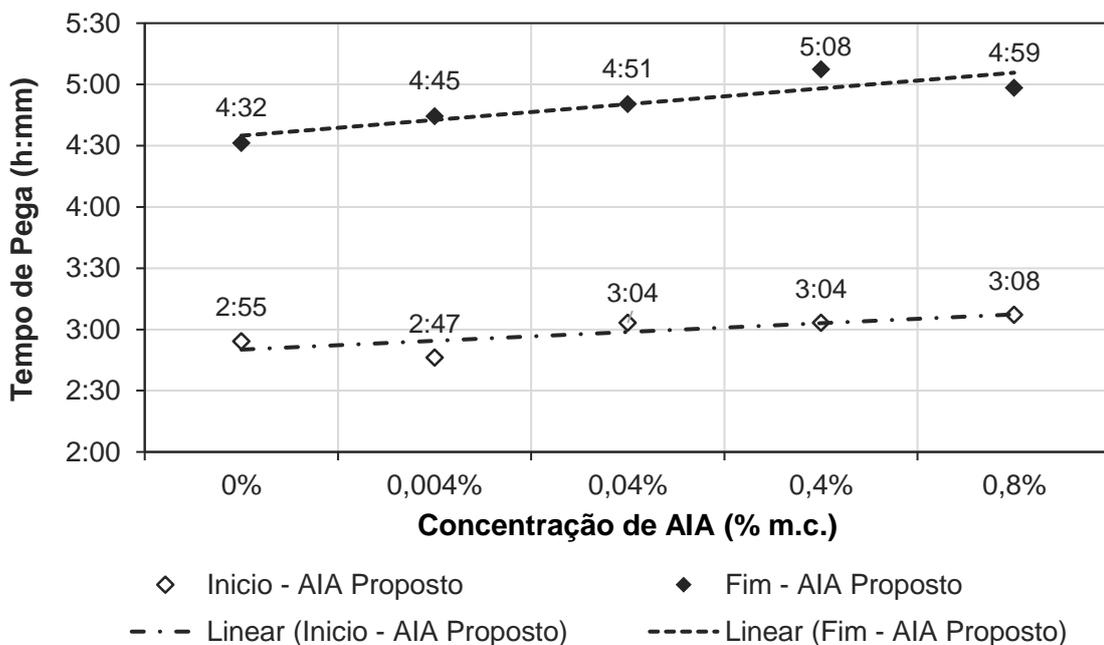
5. RESULTADOS

5.1. RESULTADO DA CARACTERIZAÇÃO DA PASTA DE CIMENTO

5.1.1. Tempo de Pega

A Figura 8 mostra os resultados obtidos para o ensaio de tempo de pega da pasta cimento com adições de AIA proposto variando de 0 a 0,8%.

Figura 8: Tempo de início e fim de pega da pasta de cimento de referência (sem aditivo) e com AIA proposto



Analisando os resultados obtidos observa-se que houve um retardo no início e fim de pega conforme o aumento da dosagem do AIA proposto. O tempo de início de pega sofreu um atraso de 13 minutos para a dosagem mais alta de AIA proposto, enquanto que o tempo de fim de pega sofreu um atraso mais pronunciado de 27 minutos. Porém, tais valores não classificam o aditivo proposto como um retardador, sendo necessário para isso um atraso de no mínimo 90 minutos conforme estabelece a NBR 11768 (2011).

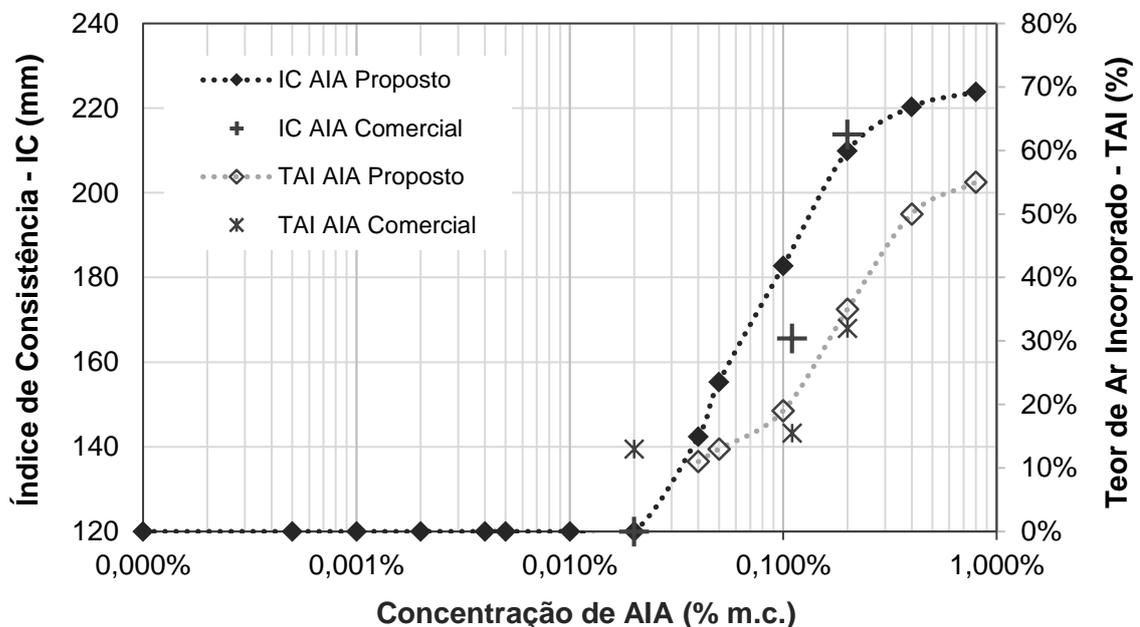
Os aditivos incorporadores de ar são formados por substâncias surfactantes, que por sua vez são formadas por moléculas com uma extremidade polar e outra apolar. A extremidade polar liga-se por adsorção à superfície das partículas de cimento, deixando a extremidade apolar orientada para a fase aquosa. Dessa forma, a superfície do cimento se torna hidrofóbica, dificultando sua reação com as moléculas de água e, conseqüentemente, atrasando as reações de hidratação do cimento, sendo essa a provável causa para o retardo no tempo de pega.

5.2. RESULTADO DA CARACTERIZAÇÃO NO ESTADO FRESCO

5.2.1. Índice de Consistência e Teor de Ar Incorporado

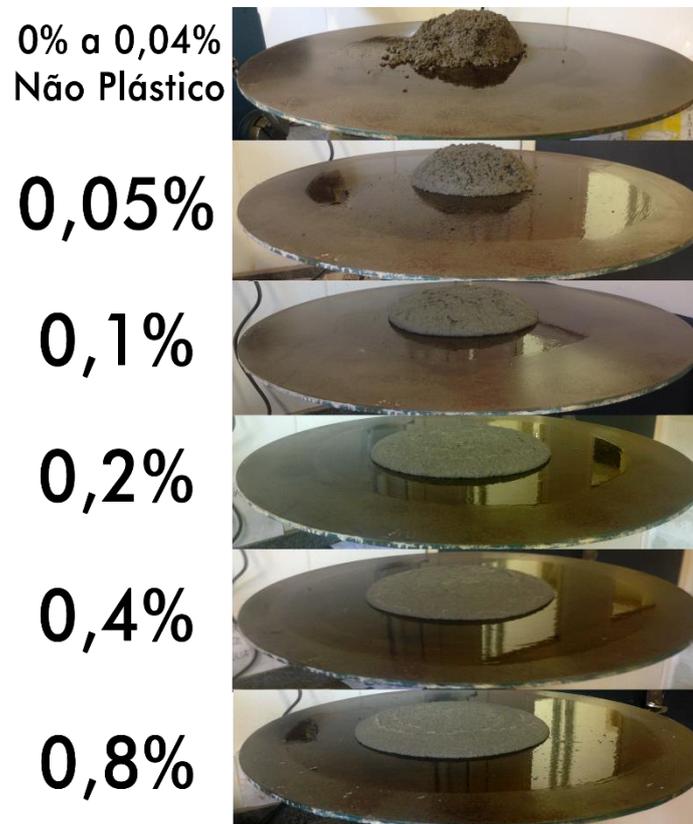
A Figura 9 mostra os resultados obtidos para os ensaios de Índice de Consistência e Teor de Ar incorporado.

Figura 9: Índice de Consistência e Teor de Ar Incorporado para argamassa de referência (sem aditivo), com AIA proposto e AIA comercial



A Figura 10 apresenta o resultado final do ensaio de consistência para cada traço de AIA proposto.

Figura 10: Ensaio de Índice de Consistência para argamassa com AIA proposto



Fonte: Mendes, 2016

Ao analisarmos as Figura 9 e Figura 10 podemos afirmar que as dosagens de 0,0005 a 0,02% de AIA proposto não conferiram plasticidade à argamassa, ocorrendo a desagregação da amostra durante o ensaio de índice de consistência, assim como no traço de referência. Na dosagem de 0,04% de AIA proposto a argamassa começa a desenvolver certa plasticidade, porém, neste traço ainda ocorre a desagregação da amostra ao final do ensaio. Nas dosagens de 0,05 a 0,2% de AIA proposto a argamassa apresentou elevado aumento do índice de consistência. Esse aumento ainda pode ser observado nas dosagens de 0,4 e 0,8%, porém de forma menos acentuada como nas dosagens anteriores.

O aditivo comercial, por sua vez, apresentou comportamento bastante similar ao aditivo proposto, com incrementos de plasticidade semelhantes para dosagens próximas.

A curva de teor de ar incorporado apresentou comportamento análogo à de índice de consistência. O equipamento que determina o teor de ar incorporado não foi capaz de obter resultados precisos para as argamassas com dosagem de 0,0005

a 0,02% de AIA proposto. Isso ocorreu devido ao mesmo motivo pelo qual essas amostras desagregaram na mesa de consistência, à falta de plasticidade. Observa-se o incremento do teor de ar incorporado a partir da dosagem de 0,04% de AIA proposto. O crescimento passa a ser acentuado da dosagem de 0,05% em diante, crescimento este que se reduz a partir da dosagem de 0,4%. O aditivo comercial, mais uma vez, apresentou comportamento similar ao aditivo proposto.

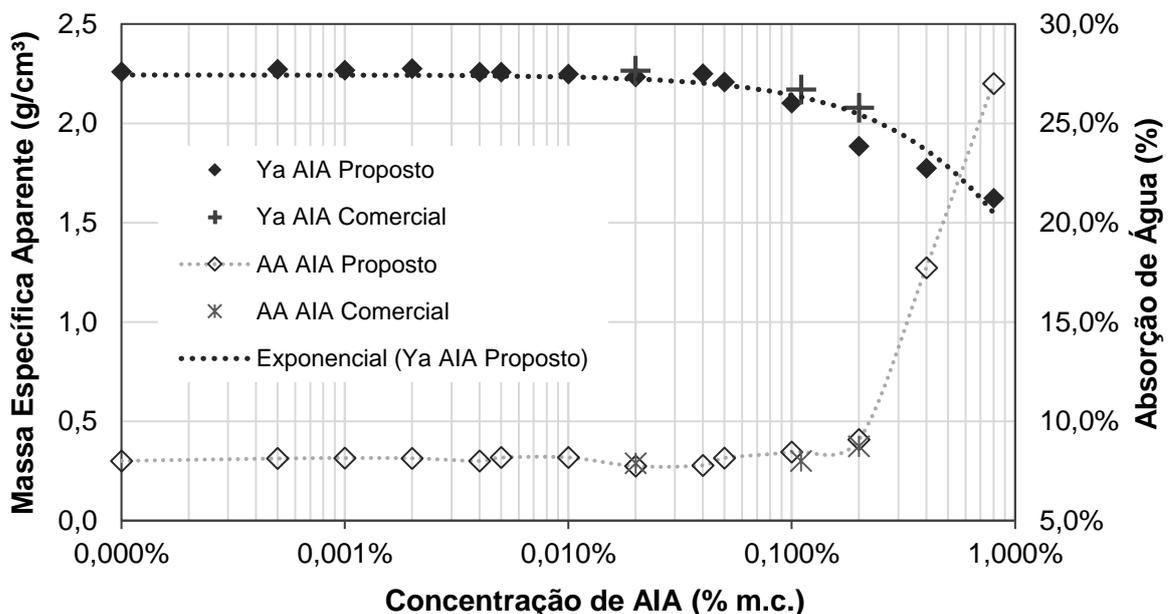
Segundo (Ouyang, Guo, & Qiu, 2008) a plasticidade e o teor de ar incorporado da argamassa aumentam com o incremento de AIA. No entanto, esse crescimento cessa a partir de certa dosagem, indicando que o excesso de surfactante não contribui mais para o incremento dessas características, o que é compatível com os resultados encontrados no presente trabalho.

5.3. RESULTADO DA CARACTERIZAÇÃO NO ESTADO ENDURECIDO

5.3.1. Massa Específica Aparente e Absorção de Água

A Figura 11 mostra os resultados obtidos para os ensaios de Massa Específica Aparente e Absorção de Água.

Figura 11: Massa Específica Aparente e Absorção de Água para argamassa de referência (sem aditivo), com AIA proposto e AIA comercial



Analisando a Figura 11 observamos que houve redução da massa específica aparente à medida que efetuou-se o aumento da dosagem do AIA e, conseqüentemente, do teor de ar incorporado. Este resultado é compatível com o esperado, considerando que o cálculo da massa específica aparente considera o volume do corpo de prova como um todo, incluindo os vazios.

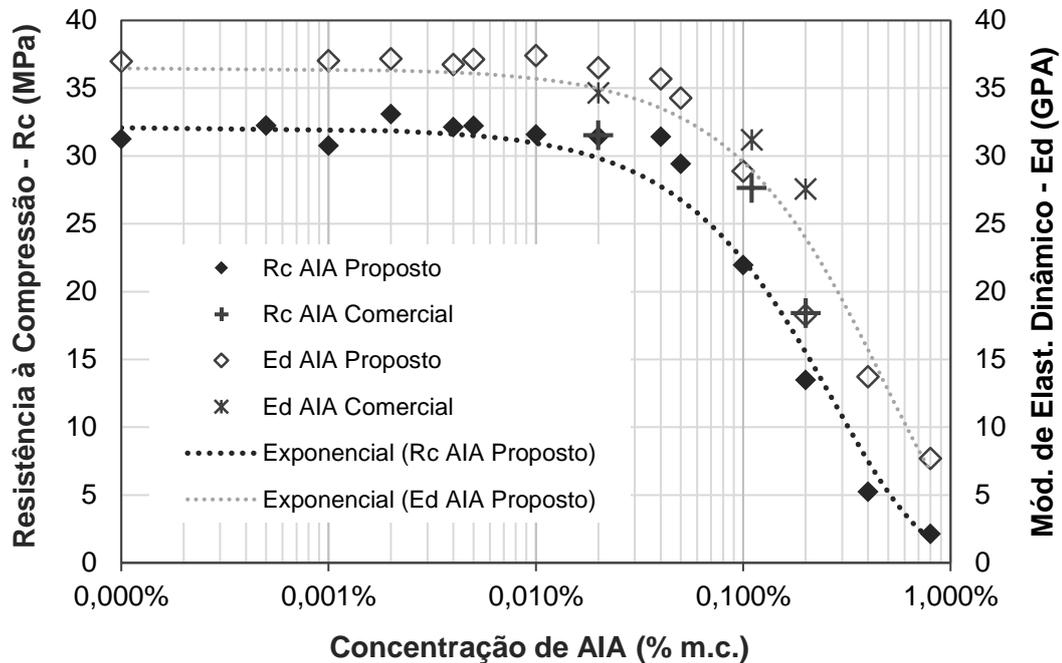
O resultado para o ensaio de absorção de água nos demonstra que os corpos de prova tiveram comportamento constante. A absorção de água manteve-se em torno de 8,2% desde o traço de referência até o traço com dosagem de 0,2% de AIA proposto. Excetuam-se as dosagens de 0,4 e 0,8% em que foi observado um elevado aumento na absorção de água. Este resultado nos mostra que, apesar do aumento da porosidade comprovado pelo aumento do teor de ar incorporado, esses poros adicionais não contribuem significativamente para o aumento da absorção de água, sendo bem distribuídos ao longo da matriz cimentícia e sem interconexões entre si.

O AIA comercial apresentou massa específica aparente maior comparado ao AIA proposto. Por sua vez, o ensaio de absorção de água apresentou resultados semelhantes para ambos.

5.3.2. Resistência à Compressão e Módulo de Elasticidade Dinâmico

A Figura 12 mostra os resultados obtidos para os ensaios de Resistência à Compressão e Módulo de Elasticidade Dinâmico.

Figura 12: Resistência à Compressão e Módulo de Elasticidade Dinâmico para argamassa de referência (sem aditivo), com AIA proposto e AIA comercial



A partir da análise dos dados da imagem acima, observamos que a resistência à compressão dos corpos de prova permaneceu próxima ao valor de 32 Mpa e a partir da dosagem de 0,1% de AIA proposto houve significativa queda. Esse acentuado decréscimo tem como causa o incremento na porosidade da argamassa como observado nos resultados anteriores. Segundo Ouyang, Guo e Qiu (2008) a dosagem adequada de AIA pode melhorar não apenas a fluidez, mas também a resistência à compressão da matriz de cimento. No entanto, adicionar uma quantidade excessiva de AIA resultará na redução da resistência.

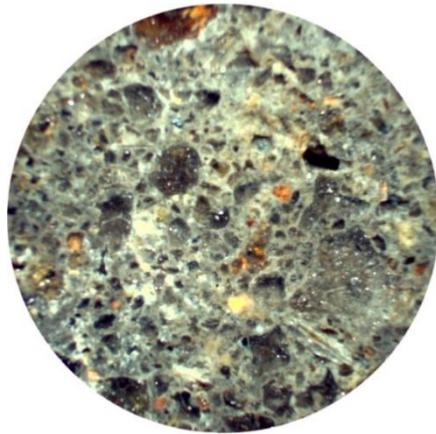
Por sua vez, a matriz com adição de AIA comercial também apresentou um decréscimo de resistência com o aumento da dosagem do aditivo, porém, esse decréscimo se mostrou menos acentuado se comparado com o resultado obtido com o AIA proposto.

Analisando os resultados obtidos para o módulo de elasticidade dinâmico, podemos observar que houve elevado decréscimo a partir da dosagem de 0,1% de AIA proposto. Tal constatação nos comprova mais uma vez o incremento de vazios de ar nas matrizes causado pelo AIA.

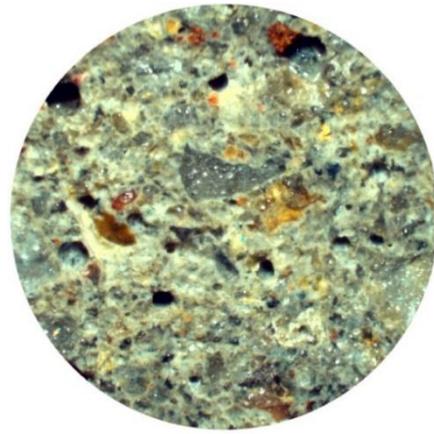
5.3.3. Microscopia Óptica

A Figura 13 mostra as imagens obtidas com a microscopia óptica.

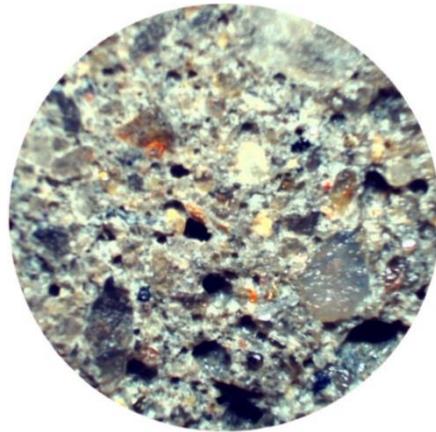
Figura 13: Imagens obtidas das matrizes cimentícias com aumento de 45x



(a) Referência – 0%



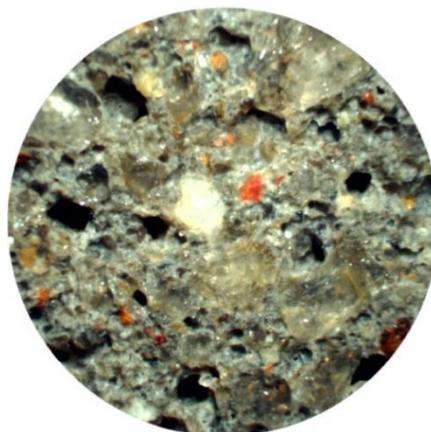
(b) AIA Proposto – 0,04%



(c) AIA Proposto – 0,2%



(d) AIA Proposto – 0,8%



(e) AIA Comercial – 0,2%

Analisando as imagens podemos observar o considerável aumento da porosidade das matrizes cimentícias com o gradual aumento da dosagem dos AIA proposto e comercial. As imagens (a) e (b) mostram as seções dos corpos de prova de referência e com 0,04% de AIA proposto, respectivamente. Nessas seções podemos observar a baixa porosidade das amostras com amplas áreas de matriz íntegra, o que confere até uma certa planicidade à seção de corte. Por sua vez, as imagens (c), (d) e (e) mostram as seções dos corpos de prova com 0,2 e 0,8% de AIA proposto e com 0,2% de AIA comercial, respectivamente. O que se observa são amostras altamente porosas com vazios distribuídos por toda a matriz, o que proporciona certa irregularidade à seção de corte.

6. CONCLUSÃO

Analisando-se os resultados obtidos, nota-se que o aditivo incorporador de ar contribui para a melhoria das características da matriz cimentícia, tanto no estado fresco quanto no endurecido. A incorporação de ar traz como efeitos melhor trabalhabilidade e leveza à argamassa. Porém, esses benefícios atingem um patamar, indicando que uma dosagem excessiva de aditivo incorporador de ar não possui um efeito positivo nas propriedades da argamassa. A título de exemplo temos o decréscimo da resistência à compressão e aumento da absorção de água em concentrações acima de 0,1 e 0,4%, respectivamente.

Em face de tal fato, conclui-se que a quantidade ideal de aditivo incorporador de ar proposto está entre as dosagens de 0,1 e 0,2%, em que há o incremento dos benefícios citados anteriormente, mas não há uma redução da resistência que comprometa a argamassa.

Em suma, o uso de aditivo incorporador de ar proposto resultou nas seguintes características na argamassa:

- Retardo no tempo de início de pega não significativo e mais pronunciado no tempo de fim de pega (27 min);
- Aumento da plasticidade superior a 50%, trazendo melhora significativa à trabalhabilidade e coesão;
- Maior leveza, o que resulta em menor sollicitação da estrutura onde for empregada;
- Apesar da efetiva incorporação de ar, não houve aumento na absorção de água;
- Decréscimo da resistência à compressão para concentrações a partir de 0,1%.

Diante do que foi exposto comprova-se que o uso do aditivo incorporador de ar proposto na dosagem adequada é eficaz e se mostrou similar ao aditivo comercialmente disponível, entretanto, possui ainda a vantagem de ser um produto biodegradável, de baixo custo e ter ampla disponibilidade no mercado.

REFERÊNCIAS

AMARAL, L.; JAIGOBING, A. G.; JAISINGH, S. **Dossiê Técnico: Detergente Doméstico**. Instituto de Tecnologia do Paraná. 2007

ANVISA. **Resolução Nº 40 - Regulamento Técnico para Produtos de Limpeza e Afins**. 2008. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2008/res0040_05_06_2008.html>. Acesso em: 19 de mar. 2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro: ABNT. 1997

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 65: Cimento Portland - Determinação do tempo de pega**. Rio de Janeiro: ABNT. 2003

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NRB 13280: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido**. Rio de Janeiro: ABNT. 2005

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15630: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultra-sônica**. Rio de Janeiro: ABNT. 2009

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica**. Rio de Janeiro: ABNT. 2009

INSTITUTE IMIDIS. **Inspection of bridge structures**. (s.d.). Disponível em: <www.imidis.com: <http://www.imidis.com/eobsled.html>>. Acesso em: 20 de ago. 2017

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. **Concreto: Microestrutura, Propriedade e Materiais**. 2ª ed. São Paulo: Ibracon. 2014

MENDES, J. C. **Viabilidade técnica do uso de Linear Aquil Benzeno Sulfonato de Sódio como aditivo incorporador de ar para matrizes cimentícias**.

Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, DECIV/EM/UFOP, Ouro Preto, MG, Brasil. 2016

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

RAMACHANDRAN, V. S. **Concrete Admixtures Handbook: Properties, science and technology.** 2^a ed. New Jersey: Noyes Publications. 1995

SOLOTEST. **Catálogo SOLOTEST - Cimento, Argamassa e Refratário.** 2017. Disponível em: <www.solotest.com.br: <http://www.solotest.com.br/novo/nossos-catalogos/9/107/178>>. Acesso em: 19 de ago. 2017

SOLOTEST. **Catálogo SOLOTEST - Concreto e Agregado.** 2017. Disponível em: <www.solotest.com.br: <http://www.solotest.com.br/novo/nossos-catalogos/9/107/178>>. Acesso em: 19 de ago. 2017

YOUNG, J. F.; MINDESS, S.; GRAY, R. J.; BENTUR, A. **The Science and Technology of Civil Engineering Materials.** Prentice Hall. 1998

ANEXOS

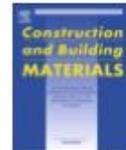
ANEXO A – PUBLICAÇÃO NA REVISTA CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS

Construction and Building Materials 145 (2017) 648–661



Contents lists available at ScienceDirect

Construction and Building Materials

journal homepage: www.elsevier.com/locate/conbuildmat

Mechanical, rheological and morphological analysis of cement-based composites with a new LAS-based air entraining agent



Júlia Castro Mendes^{a,*}, Taís Kuster Moro^a, Aline Santana Figueiredo^b, Keoma Defávéri do Carmo Silva^a, Gabriela Cordeiro Silva^a, Guilherme Jorge Brigolini Silva^a, Ricardo André Fiorotti Peixoto^a

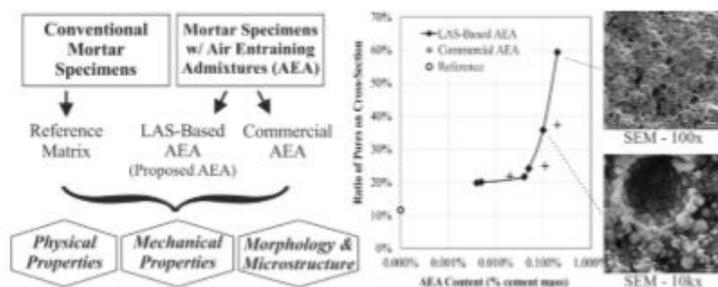
^aLaboratory of Materials for Civil Construction, Federal University of Ouro Preto, Ouro Preto, CEP 35400-000, Brazil

^bPontifical Catholic University of Minas Gerais, R. Rio Comprido, 4.580, Contagem, CEP 32010-025, Brazil

HIGHLIGHTS

- LAS-based washing-up liquids are effective air-entraining agents (AEA).
- Performance and morphology of LAS-based AEA is similar to commercial AEA.
- Excess of AEA compromises significantly the mechanical properties of mortars.
- The pore system of a matrix with AEA is directly related to the AEA content.
- The mechanical/physical properties are directly related to the pore system.

GRAPHICAL ABSTRACT



ARTICLE INFO

Article history:

Received 25 January 2016

Received in revised form 9 March 2017

Accepted 5 April 2017

Keywords:

Air entraining admixtures

Washing-up liquid

Dishwashing liquid

Biodegradable admixtures

Morphological analysis

ABSTRACT

The air-entraining admixtures (AEA) consist of surfactant compounds, as do washing-up liquids. Washing-up liquids are products widely available, non-toxic and biodegradable. This work proposes the use of an anionic surfactant from washing-up liquids, Linear Alkyl Benzene Sodium Sulfonate (LAS), as AEA. Mechanical, physical and rheological properties of mortars comprising LAS were compared to ones with commercial admixture and one without any. The morphological aspects of the air-entrained matrix were also evaluated, and associated to its properties. Results indicate that the LAS-based AEA is an effective air-entraining agent. Thus, the present work seeks to disclose this new biodegradable high-performance potential AEA, as well as to improve the comprehension of the effects of AEAs in cement-based composites.

© 2017 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

The air entraining admixtures (AEA) introduce small air bubbles (or voids) dispersed throughout the matrix. These homogeneously

distributed microbubbles improve the cohesion and workability of cement-based composites, prevent water penetration, and reduce the tendency of segregation and bleeding in fresh concrete [26]. AEAs are usually employed in concrete subjected to freezing and thawing cycles [16], for lightweight concrete and pumped concrete. Surfactants (or surface-active compounds) perform the mechanism of air entrainment [20].

Surfactants reduce the surface tension of substances, due to the balance of forces between its molecules at the interface. In general,

* Corresponding author.

E-mail addresses: jcmendes.eng@gmail.com (J.C. Mendes), taisuster@hotmail.com (T.K. Moro), alinesantanafigueiredo@gmail.com (A.S. Figueiredo), keomadc@hotmail.com (K.D. do C. Silva), gsilva25.g@gmail.com (G.C. Silva), guilhermetrigolini@gmail.com (G.J.B. Silva), fiorotticarado@gmail.com (R.A.F. Peixoto).

ANEXO B – SUBMISSÃO PARA O 22º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS



22º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
06 a 10 de Novembro de 2016, Natal, RN, Brasil

NOVO ADITIVO INCORPORADOR DE AR BIODEGRADÁVEL BASEADO EM LAS PARA MATRIZES CIMENTÍCIAS

J. C. Mendes (1,2); T. K. Moro (1); L. S. Dias (1); P. A. M. Campos (1); A. A. Cury (3); G. J. B. Silva (1) e R.A.F Peixoto (1)

(1) Laboratório de Materiais de Construção Civil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Brasil. CEP 35400-000

(2) Laboratório de Materiais de Construção Civil, Faculdade Santa Rita, Estrada Real Km 02, Conselheiro Lafaiete, Brasil. CEP 36400-000

(3) Departamento de Mecânica Aplicada e Computacional, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil. CEP: 36036-900.

Autor Correspondente: Prof. Julia Castro Mendes, jcmendes.eng@gmail.com

RESUMO

Os Aditivos Incorporadores de Ar (AIA) são compostos por moléculas surfactantes, da mesma forma que detergentes domésticos. Estes últimos são produtos amplamente disponíveis, de fácil aplicação, atóxicos, de relativo baixo custo e menor impacto ambiental, visto que são substâncias biodegradáveis, por norma. Assim, o presente trabalho propõe o uso de um surfactante biodegradável presente em detergentes lava-louças, Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio (LAS), como agente incorporador de ar sustentável para matrizes cimentícias. A metodologia busca avaliar o desempenho do AIA proposto, comparando os resultados de matrizes de argamassa com a dosagem obtida do AIA proposto com AIA comerciais e matrizes sem aditivos. A partir da caracterização mecânica e física, foi possível determinar a eficácia do AIA proposto, bem como sua faixa de dosagem ótima. Busca-se, assim, contribuir com o desenvolvimento tecnológico das matrizes cimentícias no Brasil e no mundo.

Palavras-chave: Aditivo Incorporador de Ar, Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio, Análise Microestrutural, Matrizes Cimentícias Sustentáveis.

ANEXO C – SUBMISSÃO PARA O PRÊMIO LAFARGEHOLCIM

LafargeHolcim Awards

LafargeHolcim Awards 2016/17 | Submission PDF

A Biodegradable High-Performance Air Entraining Admixture

[Project title]

AW17-PWOQL

[Project ID]

LafargeHolcim Awards (Main Category)

GENERAL PROJECT DATA

Project Group 3	Materials, products and construction technologies
Competition region	Latin America
City	Ouro Preto
Country	Brazil
Client	Federal University of Ouro Preto
Status of planning	Final design stage
Planned start	Mar '18
Project background	Academic research
Dimension size 1	n.a.
Dimension size 2	n.a.
Patent status	No patent applied for
Other competition	yes
Outcome	2nd or 3rd prize
Title	Construction Industry 21st Award - Sustainability and Innovation

PROJECT CONTACT

Ms Julia Mendes
 Engineer · 1991 · female · Federal University of Ouro Preto · Laboratório de Materiais de Construção Civil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto - Campus Morro do Cruzeiro. · 35400000 · Ouro Preto · Brazil · Tel +5532988654001 · jcmendes.eng@gmail.com · <http://reciclos.ufop.br/>

MAIN AUTHOR(S)

1. Ms Julia Mendes
 Engineer · 1991 · female · Federal University of Ouro Preto · Laboratório de Materiais de Construção Civil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto - Campus Morro do Cruzeiro. · 35400000 · Ouro Preto · Brazil · Tel +5532988654001 · jcmendes.eng@gmail.com · <http://reciclos.ufop.br/>



Team Reciclos – Group of Research in Solid Residues

2. Mr Ricardo Peixoto

Engineer · 1973 · male · Federal University of Ouro Preto · Laboratório de Materiais de Construção Civil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto - Campus Morro do Cruzeiro. · 35400000 · Ouro Preto · Brazil · Tel +5531 997021275 · ricardofiorotti@yahoo.com.br · <http://reciclos.ufop.br/>

3. Mr Guilherme Silva

Engineer · 1975 · male · Federal University of Ouro Preto · Laboratório de Materiais de Construção Civil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto - Campus Morro do Cruzeiro. · 35400000 · Ouro Preto · Brazil · Tel +5531 984664748 · guilhermebrigolini@gmail.com · <http://reciclos.ufop.br/>

4. Ms Taís Moro

Student · 1992 · female · Federal University of Ouro Preto · Laboratório de Materiais de Construção Civil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto - Campus Morro do Cruzeiro. · 35400000 · Ouro Preto · Brazil · Tel +5531 99205-0836 · taiskuster@hotmail.com · <http://reciclos.ufop.br/>

5. Mr Junio Batista

Student · 1994 · male · Federal University of Ouro Preto · Laboratório de Materiais de Construção Civil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto - Campus Morro do Cruzeiro. · 35400000 · Ouro Preto · Brazil · Tel +5531 985374405 · juniobatista07@yahoo.com.br · <http://reciclos.ufop.br/>

CONTINUED ON PAGE 5