

AVALIAÇÃO DO GRAU DE HIDRATAÇÃO AO LONGO DO TEMPO DE ARGAMASSAS ESTABILIZADAS POR PERDA AO FOGO¹

MEES, S., Instituto Federal de Santa Catarina, e-mail: binamees@gmail.com; BRITO, L. A. P., Instituto Federal de Santa Catarina, e-mail: lapbritto96@gmail.com; OLIVEIRA, A. L., Instituto Federal de Santa Catarina, e-mail: alexandre@ifsc.edu.br; CALÇADA, L. M., Instituto Federal de Santa Catarina, e-mail: lucianamaltez@ifsc.edu.br; CASALI, J. M., Instituto Federal de Santa Catarina, e-mail: juliana.casali@ifsc.edu.br.

ABSTRACT

The mortars were produced with the same ratio of water/ dry materials and the same content of air-entrained admixtures, while three contents of hydration stabilizing admixtures and a mortar without this admixture were evaluated. The ready mix mortars were characterized in the fresh state through the consistency index, specific gravity and air entrained content. In the hardened state, the evaluation of the degree of hydration by ignition loss were evaluated at the ages of 28, 42 and 56 days. The results obtained demonstrate there is no influence of the admixture content of hydration stabilizing on the properties of the mortars in the fresh state. In relation to the degree of hydration of the mortars, there was an increase of the hydrated compounds for the mortars without hydration stabilizing admixtures and the influence of the hydration stabilizing admixtures content. However, for mortars with a hydration stabilizing admixtures, small increment in the degree of hydration was observed in relation to the age of the mortars, in relation to the determined parameters.

Keywords: Ready Mix mortar. Mortar. Degree of Hydration. Hydration stabilizing admixtures.

1 INTRODUÇÃO

Uma das soluções técnicas e tecnologias para racionalização e aumento da produtividade em obra é a utilização de argamassa estabilizada (argamassa pronta dosada em central que se mantém trabalhável por 36 a 72 horas). O aumento do tempo de trabalhabilidade dessa argamassa é obtido pela utilização de aditivos estabilizadores de hidratação. Esses aditivos tem a função de inibir a hidratação por um tempo pré-estipulado. O grau de hidratação do cimento Portland é alterado por conta do aditivo estabilizador de hidratação (RUPPENTHAL, PELISSER, 2012).

A evolução da hidratação do cimento Portland pode ser determinada por vários métodos, tais como: (a) quantidade de Ca(OH)_2 na pasta; (b) calor desenvolvido na hidratação; (c) massa específica da pasta; (d) quantidade de água quimicamente combinada; (e) quantidade de cimento não hidratado presente e (f) indiretamente, pela resistência da pasta hidratada (NEVILLE, 1997). A quantidade de Ca(OH)_2 pode ser determinada com análise térmica diferencial (DTA) e termogravimétrica (TG e DTG) com a perda de água quimicamente combinada nas faixas de temperaturas de 425°C a 550°C

¹ MEES, S.; BRITO, L. A. P.; OLIVEIRA, A. L.; CALÇADA, L. M.; CASALI, J. M. Avaliação do grau de hidratação ao longo do tempo de argamassas estabilizadas por perda ao fogo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

(TAYLOR, 1997). Também com o objetivo de avaliar o grau de hidratação do cimento, na literatura muitos trabalhos determinam a água não evaporável pelo ensaio de perda ao fogo avaliando a perda de massa em temperaturas de 900°C a 1000°C (LAM, WONG e POON, 2000; NARMLUK e NAWA, 2011; MASUELA e CAMARINI, 2016).

Como os aditivos estabilizadores de hidratação podem influenciar na hidratação do cimento Portland, este trabalho tem como objetivo avaliar o grau de hidratação ao longo do tempo das argamassas estabilizadas por perda ao fogo comparando com uma argamassa referência sem aditivo estabilizador de hidratação.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir serão apresentados os materiais utilizados e os métodos para atingir os objetivos desse trabalho.

2.1 Caracterização dos materiais empregados

Para a confecção das argamassas deste estudo foi usado um cimento Portland composto com de filler (CP II - F - 32). As características do cimento estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características do cimento Portland utilizado

Ensaio Físicos	
Item de controle	CP II - F - 32
Material Retido #200 (mesh) (%)	2,85
Blaine (cm ² /g)	3315
Início de Pega (horas)	3:52
Fim de Pega (horas)	4:40
Resistência aos 28 dias (MPa)	42,8
Massa Específica Aparente (g/cm ³)	3,026
Ensaio Químicos	
Item de controle	CP II - F - 32
Perda ao Fogo (%)	5,47
MgO (%)	4,16
SO ₃ (%)	2,50
Resíduo Insolúvel (%)	1,41

Fonte: Dados fornecidos pelo fabricante do Cimento Portland

O agregado miúdo utilizado foi uma areia silicosa natural utilizada na região e caracterizada pela composição granulométrica (NBR NM 248, ABNT:2003), massa específica aparente (NBR NM 52, ABNT, 2009) e teor de material pulverulento (NBR NM 46, ABNT 2003) (Tabela 2).

Tabela 2 – Composição granulométrica, massa específica aparente e material pulverulento do agregado miúdo utilizado

Abertura das malhas (mm)	Porcentagem Retida Acumulada (%)
4,8	0,0
2,4	0,1

1,2	2,2
0,6	13,5
0,3	44,7
0,15	87,7
FUNDO	100
Dimensão máxima característica (mm)	1,2
Dimensão mínima característica (mm)	<0,15
Módulo de Finura	1,48
Massa específica aparente (g/cm³)	2,64
Material pulverulento (%)	0,44

Fonte: Os autores

As características do aditivo estabilizador de hidratação e do incorporador de ar utilizados estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Características dos aditivos empregados obtidos pelo fabricante

Denominação do Aditivo	AEH	AIA
Função	Plastificante estabilizador de argamassa	Incorporador de ar para argamassa
Massa específica (g/cm ³)	1,1	1,1
Teor de sólidos (%)	39,98	14,15
Estado físico	Líquido	Líquido

Fonte: Dados do fabricante

2.2 Produção e avaliação das argamassas estabilizadas no estado fresco

Na segunda etapa foi realizada a produção das argamassas estabilizadas com um traço 1:6 (cimento: areia), em massa e areia seca, o mesmo utilizado por Fiovarante (2014) e Bauer e Oliveira (2017). A relação água/ materiais secos foi fixada 13,0% e um teor de aditivo incorporador de ar de 0,35% da massa do cimento em função dos resultados obtidos por Casali *et.al.* (2018).

Em relação ao teor de aditivo estabilizador de hidratação foram pré-estabelecidos quatro teores para avaliação das argamassas com 0,0% (TR - referência), 0,4% (T1), 0,6% (T2) e 0,8% (T3) em relação a massa do cimento.

A mistura das argamassas foi efetuada em uma argamassadeira de laboratório com capacidade para 5 litros conforme NBR 7215 (1996). A sequência de mistura dos materiais foi:

1. Colocação de metade do agregado miúdo, toda a quantidade de cimento e a outra metade do agregado miúdo na cuba. Em seguida a argamassadeira era acionada durante 30s na velocidade 2;
2. Parava a argamassadeira e adicionava 80% da quantidade de água da mistura. Em seguida a argamassadeira era acionada durante 30s na velocidade 2;
3. Parava a argamassadeira e adicionava o aditivo incorporador de ar e misturava por 60s na velocidade 2;
4. Parava o equipamento para raspagem das laterais e da pá durante 60s;
5. Adicionava o estabilizador de hidratação e o restante da água (20%). Em seguida a argamassadeira era acionada por 120s na velocidade 2.

O procedimento foi realizado 9 vezes e no final foram homogeneizadas em argamassadeira com capacidade de 40l com cuba móvel e pá fixa durante 5 minutos. Finalizado o processo foram avaliadas as propriedades da argamassa no estado fresco: índice de consistência (NBR 13276, ABNT 2016), densidade de massa e teor de ar incorporado (NBR 13278, ABNT 2005). Em seguida foram moldados corpos de prova prismáticos (4 x 4 x 16) cm para determinação do grau de hidratação.

2.3 Avaliação do grau de hidratação por perda ao fogo

Foram estabelecidas três idades para análise do grau de hidratação por perda ao fogo: 28, 42 e 56 dias. Nessas datas os corpos-de-prova eram triturados com um martelo e o resíduo peneirado em uma peneira de abertura de malha de 2,38mm. Após serem peneirados, cerca de 30g eram colocadas em três cadinhos. Então essas amostras permaneciam na estufa a 100°C por 24h para determinação da perda da água livre. Em seguida foram colocadas em um dessecador por 30 minutos para esfriar e após esse tempo foram pesadas.

Em seguidas as amostras foram levadas para mufla e permaneceram durante uma hora na temperatura de 500°C ou 1000°C, independentemente do tempo de elevação e de resfriamento do material. Ao término as amostras eram colocadas em um dessecador por 30 minutos para esfriar e após esse tempo pesadas. Esses procedimentos foram adaptados do utilizado por Masuela e Camarini (2016).

A partir dos valores obtidos foram calculados os seguintes parâmetros (adaptados de Gonçalves, Toledo Filho e Fairbairn (2006):

$$Ew = \frac{(Massa_{Inicial100} - Massa_{final100})}{Massa_{final1000}} \cdot 100(\%) \quad (1)$$

$$RHC = \frac{(Massa_{inicial500} - Massa_{Final500})}{Massa_{final1000}} \cdot 100(\%) \quad (2)$$

onde:

Ew = quantidade de água evaporável e dos primeiros compostos;

RHC= quantidade de água quimicamente combinada relativamente ao hidróxido de cálcio em relação a perda de massa a 1000°C;

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 5 são apresentados os valores de índice de consistência, densidade de massa e teor de ar incorporado das argamassas estudadas.

Tabela 5 – Propriedades no estado fresco das argamassas estudadas

Argamassa	Índice de consistência (mm)	Densidade de massa (g/cm ³)	Teor de ar incorporado (%)
TR	246,5	1,478	34,30

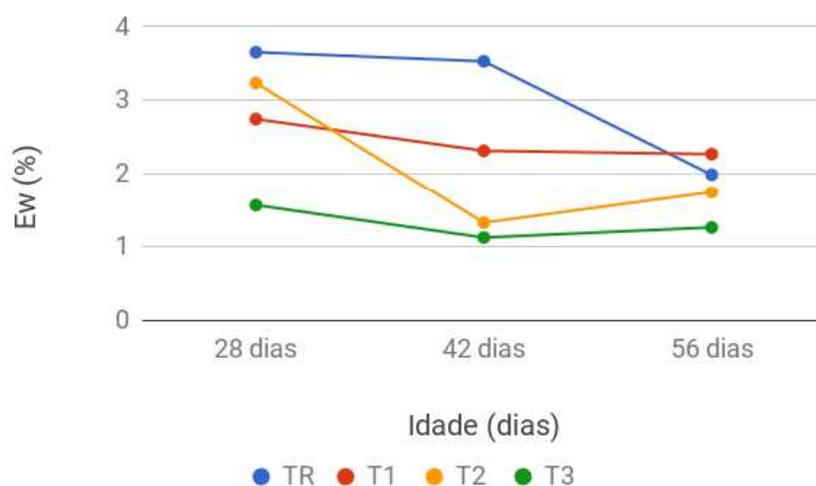
T1	251,5	1,495	33,60
T2	251,3	1,490	33,80
T3	249,0	1,529	32,10

Fonte: Os autores

Observa-se os valores de índice de consistência na Tabela 5, que houve uma diferença pequena entre o valor obtido da argamassa de referência e dos valores obtidos das argamassas com aditivo estabilizador de hidratação, demonstrando que não houve influência desse aditivo nessa propriedade. O mesmo comportamento foi observado para os valores de densidade de massa e do teor de ar incorporado.

Na Figura 1 são apresentados os valores médios obtidos da porcentagem da quantidade de água evaporável e decomposição dos primeiros compostos.

Figura 1 – Quantidade de água evaporável em função da idade das argamassas estudadas

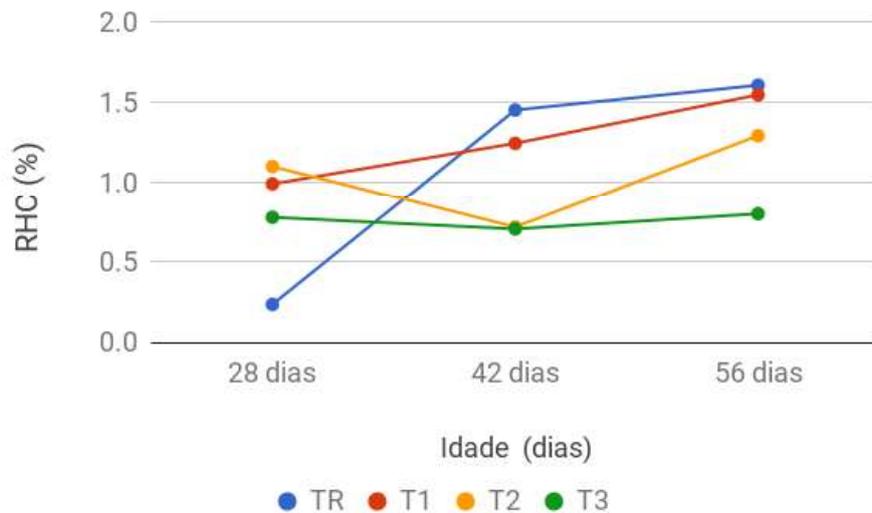


Fonte: Os autores

Observa-se na Figura 1 que conforme o aumento na idade, para a argamassa de referência (TR), houve uma diminuição da quantidade de água evaporável. Este comportamento é coerente, pois com o aumento da idade, maior o consumo de água para hidratação dos compostos do cimento Portland. Para as argamassas T1 e T3 com aditivo estabilizador de hidratação houve uma pequena redução da quantidade de água ao longo do tempo. Para argamassa T2 o menor valor obtido foi para a 42 dias e depois houve um pequeno aumento, podendo ter sido influenciado pela umidade do corpo de prova.

Na Figura 2 apresenta a quantidade de água quimicamente combinada média relativa ao hidróxido de cálcio em relação a perda de massa a 1000°C (RHC) em função da idade. Cabe ressaltar que esses valores foram obtidos em argamassas incluindo o agregado miúdo.

Figura 2 – Quantidade de água quimicamente combinada relativamente ao hidróxido de cálcio em função da idade das argamassas estudadas



Fonte: Os autores

Nota-se na Figura 2 que a maior quantidade de água quimicamente combinada relativamente ao hidróxido de cálcio foi obtida para a argamassa de referência (TR), sendo que para as demais argamassas com aditivo estabilizador de hidratação houve um pequeno aumento com a idade, com exceção da argamassa T2 com 42 dias. Esses valores demonstram que possivelmente existe uma tendência de aumento dos valores em idades mais avançadas. Esse aumento possivelmente irá ser maior para as argamassas com aditivo estabilizador de hidratação, pois todos os valores foram inferiores da argamassa de referência, com exceção da argamassa T1 aos 56 dias. Cabe ressaltar que a quantidade de cimento utilizado em todas as argamassas era a mesma.

Desse modo verificou-se que o aditivo estabilizador de hidratação afeta o grau de hidratação das argamassas ao longo do tempo e não somente no tempo de início de pega.

4 CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos, verificou-se que o aditivo estabilizador de hidratação não influenciou nas propriedades do estado fresco das argamassas.

Observou-se uma diminuição da quantidade de água evaporável ao longo do tempo indicando que pode ter ocorrido um consumo de água em função da hidratação do cimento Portland. Também foi observado um aumento da quantidade de água quimicamente combinada relativa ao hidróxido de cálcio ao longo do tempo, principalmente para a argamassa de referência demonstrando o aumento do grau de hidratação. Para as argamassas com aditivo estabilizador de hidratação, a única argamassa que obteve-se valores aproximados aos da argamassa de referência foi a argamassa T1 (com o menor teor de aditivo) aos 56 dias. Possivelmente para essas argamassas o grau de hidratação irá aumentar em idades superiores, visto que a

quantidade de cimento Portland era a mesma para todas as argamassas e potencialmente todas deveriam obter graus de hidratação semelhantes.

Desse modo verificou-se que o aditivo estabilizador de hidratação influencia o grau de hidratação das argamassas ao longo do tempo em relação a argamassa de referência.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), ao qual concedeu a bolsa de Iniciação Científica e infraestrutura para a realização desse trabalho.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 46: Agregados: Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm por lavagem. Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR NM 52: Agregados: Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

_____. NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

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

_____. NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

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

BAUER, B.; OLIVEIRA, V. C. Comportamentos e propriedades das argamassas estabilizadas de revestimento. In: X Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassa - SBTA. São Paulo, 2017. **Anais...** São Paulo, 2017.

CASALI, J. M.; MELO, F. D.; SERPA, V. C.; OLIVEIRA, A. L.; BETIOLI, A. M.; CALÇADA, L. M. L. Influence of cement type and water content on the fresh state properties of ready mix mortar. **Ambiente Construído**. v. 18. nº2. 2018.

FIORAVANTE, E. V. **Influência dos aditivos nas propriedades de argamassas estabilizadas**. Ponta Grossa, 2014. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia de Civil) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa. 2014.

GONÇALVES, J. P., TOLEDO FILHO, R. D., FAIRBAIRN, E. M. R. Estudo da hidratação de pastas de cimento Portland contendo resíduo cerâmico por meio de análise térmica. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 4, p 83-94 out./dez. 2006.

LAM, L.; WONG, Y.L.; POON, C.S. Degree of hydration and gel/space ratio of high-volume fly ash/cement systems. **Cement and Concrete Research**. v. 30, p. 747-56. 2000.

MASUELA, F. B.; CAMARINI, G. Avaliação do grau de hidratação do cimento por perda ao fogo. In: XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, 2016. **Anais...** São Paulo, 2016.

NARMLUK, M., NAWA, T. Effect of fly ash on the kinetics of Portland cement hydration at different curing temperatures. **Cement and Concrete Research**. v. 41. p. 579-89. 2011.

NEVILLE, A. M., BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. Editora Bookman. 2ª Edição. 2013.

RUPPENTHAL, S. M.; PELISSER, F. **Estudo de Argamassas de Revestimento com Inibidores de Hidratação**. 2012. Disponível em: <<http://200.18.15.27/bitstream/1/1158/1/Suelem%20Michels%20Ruppenthal.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

TAYLOR, H. F. W. **Cement chemistry**. 2. ed. London: Thomas Telford, 1997.