ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA QUANTIDADE DE ÁGUA NO TEMPO DE PEGA EM PASTAS E EM ARGAMASSAS ESTABILIZADAS

Tema: Tecnologia dos materiais.
Grupo[1]: 2

CAMILLA S. BARBOSA[1], GUSTAVO DUARTE[2], ALEXANDRE L. DE OLIVEIRA[3], LUCIANA M. CALÇADA[4] , JULIANA M. CASALI[5]

[1] Estudante de Graduação, Instituto Federal de Santa Catarina/IFSC, camillabarbosa94@gmail.com
[2] Estudante de Graduação, Instituto Federal de Santa Catarina/IFSC, guduarte97@gmail.com
[3] Prof Dr, Instituto Federal de Santa Catarina/IFSC, alexandre@ifsc.edu.br
[4] Profª Drª, Instituto Federal de Santa Catarina/IFSC, lucianamaltez@ifsc.edu.br
[5] Profª Drª, Instituto Federal de Santa Catarina/IFSC, juliana.casali@ifsc.edu.br

RESUMO

Este estudo avaliou a influência da quantidade de água disponível no tempo de pega em pastas e argamassas estabilizadas. Foram avaliadas pastas e argamassas com e sem aditivo estabilizador de hidratação e seis quantidades de água: tempo de pega, densidade de massa, teor de ar incorporado, espalhamento (para pastas) e índice de consistência (para argamassas). Os resultados demonstraram que em pasta houve um aumento do espalhamento com o uso do aditivo. O tempo de pega foi influenciado pela relação água/ cimento nas pastas e o tempo foi superior nas pastas com aditivo do que aqueles observados nas argamassas com aditivo.

Palavras-chave: argamassa estabilizada, aditivo estabilizador de hidratação, tempo de pega.

STUDY OF THE INFLUENCE OF EFFECTIVE WATER CONTENT IN SETTING TIME IN STABILIZED PASTES AND MORTARS

ABSTRACT

This study evaluated the influence of the amount of water available in setting time on stabilized pastes and mortars. It was evaluated pastes and mortars with and without stabilized admixtures with six amounts of water: setting time, mass density, air content, flowability (for pastes) and consistency index (for mortars). The results showed that in paste there was an increase of the flowability with the use of the additive. The setting time was influenced by the water/ cement ratio in the pastes and the setting time was higher for the paste with admixture than those for mortar with admixture.

Key-words: ready mix mortar, stabilized admixtures, setting time.

[1] **Grupo 1:** Oriundos de teses, dissertações e relatórios finais de projetos de pesquisa; ou **Grupo 2:** oriundos de disciplinas de pós graduação, iniciação científica, trabalhos de conclusão de curso (TCC), pesquisas aplicadas e outros.

1. INTRODUÇÃO

A partir da evolução das técnicas usadas na engenharia civil, novos produtos são desenvolvidos e comercializados pelo mercado. Um desses produtos é a argamassa estabilizada, normalmente dosada em central e se mantém trabalhável por 36 a 72 horas, garantindo agilidade e a eliminação de estocagem de materiais como areia e cimento. O aumento desse tempo de utilização é obtido com o uso de aditivos estabilizadores de hidratação, sendo estes influenciados pelo teor e tipo de aditivo (CAMPOS, 2012[1]) e tipo de cimento e a quantidade de água (CASALI et al. 2017[2]). No entanto, a maioria dos estudos são realizados em argamassas estabilizadas com a utilização de dois aditivos: incorporadores de ar e estabilizadores de hidratação.

Cabe ressaltar que o método preconizado pela norma brasileira para determinação dos tempos de início e final de pega para cimento Portland é o Método de Vicat (NBR NM 65, 2003[3]). Entretanto, neste método é necessário obter uma consistência padrão para comparação dos resultados e a quantidade de água é, normalmente, distinta daquela utilizada em obra.

Com o intuito de aprimorar este produto e entender melhor o funcionamento do aditivo estabilizador de hidratação, este trabalho teve como objetivo verificar a influência da quantidade de água disponível no sistema no tempo de início de pega de pastas e argamassas somente com aditivo estabilizador.

2. MATERIAIS E MÉTODO

Os materiais selecionados foram: cimento Portland composto com filer calcário (CP II – F – 32) (características na Tabela 1), um agregado miúdo (características na Tabela 1) e um aditivo estabilizador de hidratação (características na Tabela 2).

Tabela 1 – Caracterização do cimento e do agregado miúdo utilizados.

Propriedades do Cimento CP II-F 32		Características do Agregado Miúdo (areia natural silicosa)	
Item de Controle	Valor	Composição Granulométrica	
Perda ao Fogo (%)	9,73	Abertura das peneiras (mm)	Porcentagem Retida Acumulada
SiO_2 (%)	15,96	4,8	0,0
Al_2O_3 (%)	3,90	2,4	0,1
Fe_2O_3 (%)	2,34	1,2	2,2
CaO (%)	60,47	0,6	13,5
MgO (%)	3,32	0,3	44,7
Superfície Específica – Blaine (cm^2/g)*	3654	0,15	87,7
Tempo de início de pega (horas)*	3:56	Fundo	100
Tempo de fim de pega (horas)*	4:42	Módulo de Finura	1,48
Massa específica (g/cm^3)*	3,026	Massa específica (kg/dm^3)	2,64
*resultados fornecidos pelo fabricante		Teor Mat. Pulv. (%)	0,44

Fonte: Os autores e fabricante do Cimento Portland

ISSN 1984-8757

Tabela 2 – Característica do aditivo estabilizador utilizado

Função	Plastificador e estabilizador de hidratação	Massa específica a 25° C (g/cm³)	1,1
Base química (componente com maior quantidade)	Carbohidratos	Estado físico/ cor	Líquido/ Amarelo claro
Quantidade de sólidos (%)	39,98	pH (23ºC)	8

Fonte: Fabricante do aditivo estabilizador de hidratação

O estudo foi dividido em duas etapas: primeiramente realizou-se o estudo em pastas e em seguida em argamassas. As pastas e as argamassas foram avaliadas com e sem aditivo estabilizador de hidratação. O teor de aditivo definido foi de 0,4% da massa do cimento (dosagem mediana dos valores recomendados pelo fabricante de 0,1% a 0,9%). Além disso, foram avaliadas com seis relações água/cimento: 0,30; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50 e 0,55.

As propriedades no estado fresco das pastas avaliadas foram: espalhamento (cone de kantro), tempo de início de pega, densidade de massa e teor de ar incorporado (NBR 13278: 2005)[4].

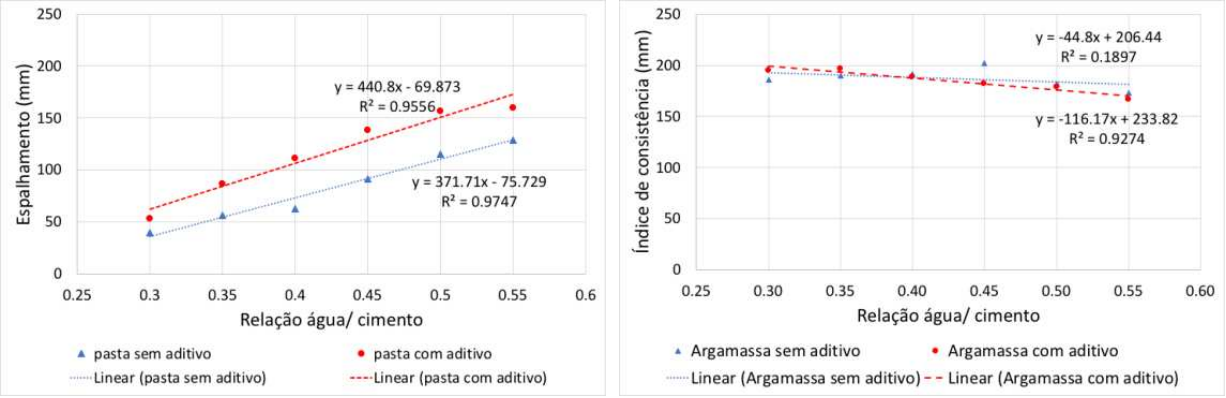
Para as argamassas foram avaliadas as seguintes propriedades: índice de consistência (*flow table*) (NBR 13276: 2005)[5], tempo de início de pega, densidade de massa e teor de ar incorporado (NBR 13278: 2005)[4].

O tempo de início de pega foi avaliado em calorímetros semiadiabaticos (caixas de EPS revestidas com papel alumínio), onde foram verificadas as temperaturas usando temopar tipo K e a aquisição dos dados foi feita por meio de um data logger com leituras de 10 em 10 minutos, obtendo a evolução da temperatura ao longo do tempo. A partir destas curvas, o tempo de início e final de pega foi determinada por dois métodos: método das frações diretas (WEAKLEY, (2010)[6]) e o método das derivadas (SANDBERG e LIBERMAN, 2007 *apud* VIECILI, HASTENPFLUG e GIRARDI, 2018)[7]. O métodos das frações diretas são definidos como percentuais do aumento de temperatura total. Em condições de ambiente controlado, o percentual de início de pega é 21%, enquanto o de fim de pega é 42%. Já o método das derivadas, Sandberg e Liberman (2007) *apud* Viecili, Hastenpflug e Girardi (2018)[7] observaram que o tempo início de pega pode ser determinado pelo tempo onde ocorre o maior pico de temperatura da segunda derivada da curva temperatura em relação ao tempo determinada pelo ensaio de calorimetria adiabática. Já o tempo de final de pega é dado pelo pico da primeira derivada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores obtidos de espalhamento das pastas com e sem aditivo estabilizador está apresentado na Figura 1a. Já os valores obtidos do índice de consistência das argamassas sem e com aditivo estabilizador de hidratação podem ser observados na Figura 1b.

Figura 1 – (a) Espalhamento para as pastas e (b) índice de consistência das argamassas estudadas.



(a) (b)

Fonte: Autores.

Observa-se que, como era esperado, para as pastas, quanto maior a quantidade de água maior o espalhamento, sendo verificado uma excelente correlação linear (Figura 1a). Também foi verificado um efeito plastificante do aditivo estabilizador de hidratação, visto que, para a mesma relação água/cimento, as pastas com aditivo apresentaram um valor de espalhamento maior. No entanto, para as argamassas o efeito não foi verificado nos índices de consistência (Figura 1b). Observou-se uma tendência de diminuição do índice de consistência com o aumento da relação água/cimento, inclusive para as argamassas com aditivo estabilizador foi obtido uma boa correlação linear, o que não ocorreu para a argamassa sem aditivo (sendo verificadas inclusive outras funções) (Figura 1b). Vale ressaltar que todas as argamassas tinham consistência secas para todas as relações água/cimento, sendo que o ensaio não apresenta sensibilidade para essa consistência e a diferença dos valores obtidos é pequena (cerca de 40mm) das argamassas com ou sem aditivo (Figura 1b).

Na Tabela 3 são apresentados os valores obtidos de densidade de massa e teor de ar incorporado para as pastas e argamassas com e sem aditivo estabilizador de hidratação.

Tabela 3 – Densidade de massa e teor de ar incorporado para as pastas e argamassas estudadas.

Relação a/c	Pastas sem aditivo		Pastas com aditivo		Argamassa sem aditivo		Argamassa com aditivo	
	Densidade de massa (g/cm^3)	Teor de ar incorporado (%)	Densidade de massa (g/cm^3)	Teor de ar incorporado (%)	Densidade de massa (g/cm^3)	Teor de ar incorporado (%)	Densidade de massa (g/cm^3)	Teor de ar incorporado (%)
0,30	2,05	2,28	2,04	2,72	1,84	15,92	1,44	34,24
0,35	1,99	1,05	1,90	5,25	1,78	16,65	1,20	43,71
0,40	1,92	1,13	1,90	2,00	1,75	17,42	1,44	32,14
0,45	1,87	0,57	1,82	2,84	1,80	14,54	1,57	25,81
0,50	1,80	1,56	1,76	3,77	1,63	22,62	1,61	23,37
0,55	1,74	2,22	1,70	4,21	1,61	23,99	1,63	22,96

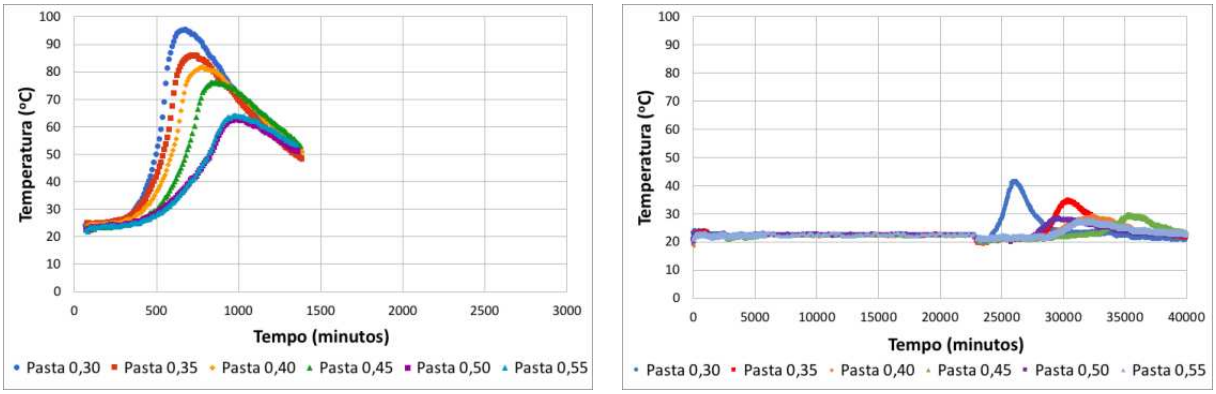
Fonte: Os autores.

ISSN 1984-8757

Observa-se na Tabela 3 que os valores de teor de ar incorporado obtidos para as pastas com aditivo estabilizador foram superiores em relação aquelas pastas sem aditivo, possivelmente em função do efeito secundário aditivo estabilizador, segundo o fabricante, que é o efeito plastificante (provavelmente em função do maior teor de ar incorporado). Porém, não foi possível obter uma relação água/ cimento e a densidade ou teor de ar incorporado (Tabela 3), tanto para as pastas quanto para as argamassas. Observou-se teores de ar incorporado superiores para as argamassas do que para as pastas. Provavelmente em função da consistência das argamassas apresentarem secas, conforme já mencionado anteriormente.

A evolução da temperatura com tempo para as pastas sem e com aditivo estabilizador podem, ser observada na Figura 3. Para as argamassas com e sem aditivo estabilizador de hidratação, a evolução da temperatura com o tempo pode ser observada na Figura 4.

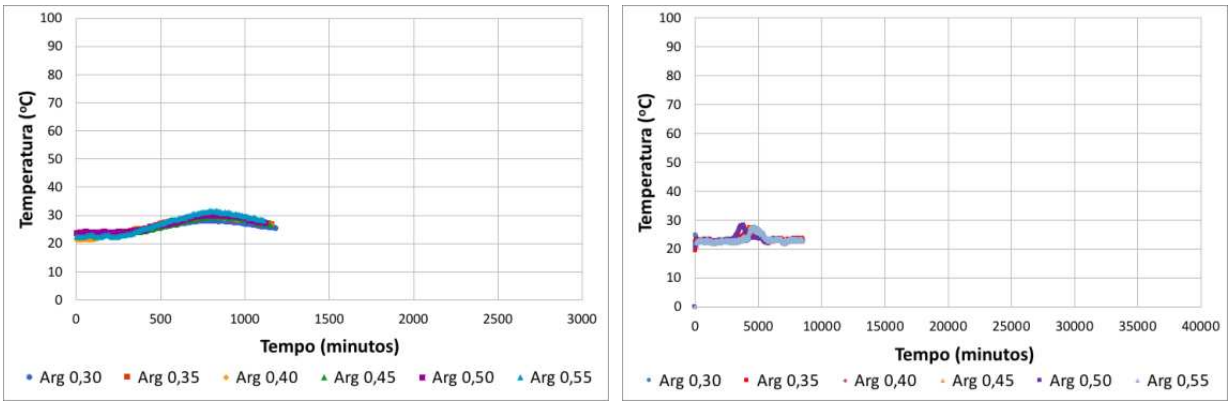
Figura 3 – Evolução da temperatura *versus* tempo: (a) pastas sem aditivo e (b) pastas com aditivo.



(a) (b)

Fonte: Autores.

Figura 4 – Evolução da temperatura *versus* tempo: (a) argamassas sem aditivo e (b) argamassas com aditivo.



(a) (b)

Fonte: Autores.

Observa-se claramente na Figura 3, a influência da quantidade de água e do aditivo estabilizador na evolução da temperatura ao longo do tempo das pastas com e sem aditivo estabilizador (diferença de aproximadamente 16 dias no tempo de início de pega da pasta sem aditivo para a pasta com aditivo para relação água/cimento 0,30). No entanto, para a argamassa observou-se apenas a influência do aditivo estabilizador na evolução da temperatura ao longo do tempo (Figura 4) (diferença de aproximadamente 3 dias no tempo de início de pega da argamassa sem aditivo para a argamassa com aditivo para relação água/cimento 0,30), não sendo observada a influência da relação água/ cimento.

Observa-se também que as temperaturas verificadas para as argamassas com e sem aditivo foram muito inferiores em relação àquelas obtidas para as pastas com e sem aditivo. Esse comportamento pode ser observado na Tabela 4 e Tabela 5, onde são apresentados o gradiente de elevação da temperatura (ΔT) conforme a relação água/ cimento, além dos valores obtidos de tempo de início e final de pega para as pastas e as argamassas sem e com aditivo pelo método de fração direta e método da derivada.

Tabela 4 – Tempo de início e final de pega para as pastas sem e com aditivo.

a/c	Pastas sem aditivo							Pastas com aditivo						
	Método da Fração Direta					Derivada		Método da Fração Direta					Derivada	
	ΔT (°C)	T21 (°C)	T42 (°C)	Início (min)	Final (min)	Início (min)	Final (min)	ΔT (°C)	T21 (°C)	T42 (°C)	Início (min)	Final (min)	Início (min)	Final (min)
0,30	71,1	38,9	53,8	453	514	250	560	20,1	25,6	29,9	24745	25191	23737	24117
0,35	60,8	37,6	50,4	457	528	243	583	11,8	25,4	27,9	28916	29268	28877	29649
0,40	57,3	36,4	48,5	466	549	266	613	8,2	22,9	24,6	29234	29876	28914	30914
0,45	53,1	34,5	45,6	485	584	331	671	7,5	24	25,6	33316	33718	28728	34626
0,50	39,3	31,8	40,1	513	645	359	819	6,6	23,2	24,6	28072	28470	27798	31068
0,55	40,5	32	40,5	528	651	438	808	6,5	22,8	24,1	29184	29933	29780	31450

T21 – temperatura com percentual de 21% do aumento de temperatura total considerado início de pega;
T42 – temperatura com percentual de 42% do aumento de temperatura total considerado final de pega.

Fonte: Autores.

Tabela 5 – Tempo de início e final de pega para as argamassas com e sem aditivo.

a/c	Argamassas sem aditivo							Argamassas com aditivo						
	Método da Fração Direta					Derivada		Método da Fração Direta					Derivada	
	ΔT (°C)	T21 (°C)	T42 (°C)	Início (min)	Final (min)	Início (min)	Final (min)	ΔT (°C)	T21 (°C)	T42 (°C)	Início (min)	Final (min)	Início (min)	Final (min)
0,30	5,8	23,4	24,6	311	429	347	457	2,7	25,1	25,7	4497	4547	4241	4851
0,35	7,5	23,8	25,3	277	432	392	622	5,8	22,7	24	3350	3851	3776	4206
0,40	7,9	23,2	24,9	257	426	454	594	4,9	23	24	3537	3820	3521	4201
0,45	6,8	24,4	25,8	395	495	419	649	5,6	23,3	24,4	3649	3872	3749	4179
0,50	6,7	25,4	26,8	424	540	434	644	6,4	23,1	24,4	3057	3288	3282	3402
0,55	7,6	25,5	27,1	431	507	344	654	6,1	23	24,3	3489	4218	3723	4653

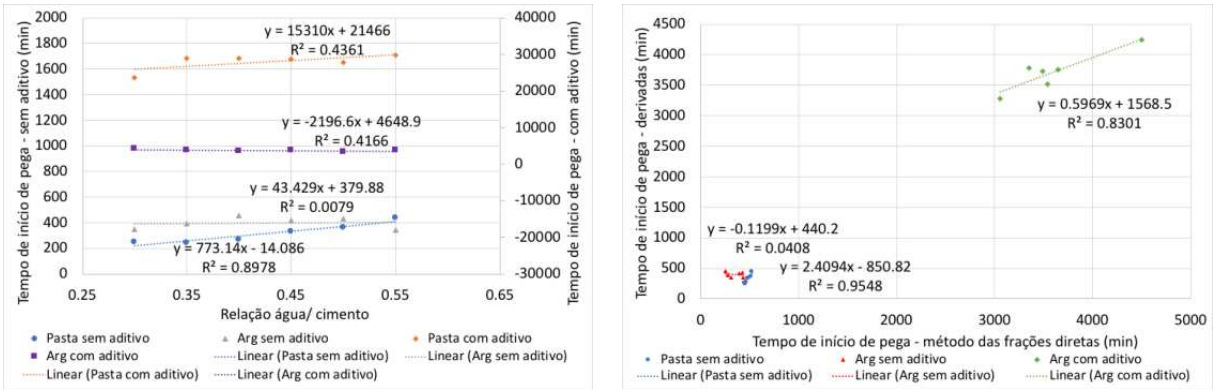
T21 – temperatura com percentual de 21% do aumento de temperatura total considerado início de pega;
T42 – temperatura com percentual de 42% do aumento de temperatura total considerado final de pega.

Fonte: Autores.

ISSN 1984-8757

A partir dos valores obtido na Tabela 4 e Tabela 5 são apresentadas, na Figura 5, algumas correlações entre os parâmetros obtidos.

Figura 5 – (a) Relação água/ cimento *versus* tempo de início de pega pelo método das derivadas e (b) tempo de início de pega obtido pelo método das frações diretas *versus* tempo de início de pega obtido pelo método das derivadas.



(a) (b)

Fonte: Autores.

Observa-se na Figura 5 que se obteve uma boa correlação entre a relação água/ cimento e o tempo de início de pega pelo método das derivadas para a pasta sem aditivo. No entanto, isso não foi verificado para a pasta com aditivo e para as argamassas. Em relação ao método de determinação do tempo de início de pega foi possível verificar uma boa correlação entre os métodos para a pasta sem aditivo e para a argamassa com aditivo. Porém, não foi verificado para a argamassa sem aditivo e para a pasta com aditivo. Para o tempo de final de pega somente para a argamassa sem aditivo não foi possível a correlação para as demais obteve-se boas correlações entre os métodos (menor coeficiente R^2= 0,89 para a pasta com aditivo).

4. CONCLUSÃO

A partir dos dados obtidos, observou-se que para as pastas com e sem aditivo, quanto maior a relação água/ cimento, maior fluidez (espalhamento). Para as pastas com aditivo foi verificado um aumento da fluidez em relação as pastas sem aditivo para a mesma relação água/ cimento (efeito plastificante do aditivo em função provavelmente do aumento dos valores de teores de ar incorporado para as pastas com aditivo). Porém, esse comportamento não foi verificado nas argamassas.

Observou-se a influência da quantidade de água e do aditivo estabilizador no tempo de início de pega das pastas. No entanto, para a argamassa observou-se apenas a influência do aditivo estabilizador no tempo de início de pega. O tempo de início de pega para as argamassas com aditivo foi menor do que aquele observado para as pastas com aditivo para

ISSN 1984-8757

as relações água/cimento estudadas. Assim observou-se que a quantidade de água disponível no sistema, influência no efeito do aditivo estabilizador de hidratação.
Foram obtidas boas correlações entre a relação água/ cimento e o tempo de início de pega para a pasta sem aditivo pelos dois métodos de determinação do tempo de pega estudados e correlações entre os valores obtidos por esses dois métodos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CAMPOS, G. M. **Estudo do tempo de início de pega de argamassas com aditivo estabilizador de hidratação**. 2012. 116 f. Monografia (Especialização em Patologia das Construções) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

2. CASALI, J.M.; MELO, F. D.; SERPA, V. C.; OLIVEIRA, A. L. de; 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**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 33-52, abr./jun. 2018.

3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 65:** Cimento Portland – Determinação do tempo de pega. Rio de Janeiro, 2003.

4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **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.

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

6. WEAKLEY, R. W. **Evaluation of Semi-Adiabatic Calorimetry to Quantify Concrete Setting**. Auburn, Alabama, Dissertação M.Sc., Faculty of Auburn University, USA, 2010.

7. VIECILI, M. J. C.; HASTENPFLUG, D.;GIRARDI, R. Comparativo entre o teste de Vicat e a calorimetria semi-adiabática para determinação do tempo de início e fim de pega em cimentos Portlan. **Revista Matéria**, v. 23, n. 3, 2018.