



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

INFLUÊNCIA DO ÓXIDO DE ZINCO NOS TEMPOS DE PEGA E NAS RESISTÊNCIAS À COMPRESSÃO DO CIMENTO PORTLAND E DO CIMENTO ALUMINOSO

Eloise Ap. Langaro(1); Marta Arnold (2); Caroline Angulski da Luz (3) Gustavo Lacerda Dias (4)

- (1) Acadêmica do curso de Engenharia Civil - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco, Brasil – e-mail: elolangaro@hotmail.com
(2) Acadêmica do curso de Engenharia Civil - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco, Brasil – e-mail: marta-arnold@hotmail.com
(3) Departamento de Engenharia de Construção Civil - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco, Brasil – e-mail: angulski@utfpr.edu.br
(4) Departamento de Engenharia de Construção Civil - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco, Brasil – e-mail: Lacerda@utfpr.edu.br

RESUMO

A rejeição de subprodutos industriais como matéria-prima alternativa para desenvolvimento de materiais pode ser debitada à ausência de pesquisa que permitam avaliar as propriedades dos subprodutos frente aos possíveis aglomerantes disponíveis. Dependendo das características do resíduo, a sua valorização em materiais a base de cimento Portland torna-se inviável devido à incompatibilidade da interação resíduo-aglomerante. Em resíduos contendo zinco, por exemplo, pesquisas com cimento Portland demonstraram uma baixa eficiência de fixação deste à matriz cimentícia além de uma forte influência nos tempos de pega do cimento. Em função disto, estudos vêm mostrando a necessidade de identificação de novos aglutinantes menos sensíveis à presença de metais pesados. O objetivo da pesquisa foi estudar influência do zinco nos tempos de pega e no desenvolvimento de resistência mecânica do cimento aluminoso e do cimento Portland (ARI-RS). Para tanto, foram confeccionadas pastas e argamassas padrão (NBR 7215) para medidas das propriedades acima mencionadas. O zinco foi empregado na forma de óxido (ZnO) e as quantidades incorporadas foram de 1, 5, 10 e 15% em massa, em relação à quantidade de cimento. As resistências mecânicas foram avaliadas aos 7 e 28 dias. Os resultados quando aos tempos de pega mostram que o cimento Portland foi fortemente influenciado pela presença do zinco, mesmo em concentrações baixas. Pastas com 1% de ZnO tiveram tempo de fim de pega duas vezes maior que as pastas de referência (sem zinco). Já as pastas com cimento aluminoso tiveram tempos reduzidos (início e fim). Nas argamassas confeccionadas com cimento Portland, houve queda na resistência mecânica superior a 50% quando em presença do zinco. Já, nos cimentos aluminosos, as argamassas contendo zinco tiveram resistência mecânicas superiores àquelas de referência.

Palavras-chave: Resíduos industriais; Cimento Portland; Cimento Aluminoso; tempo de pega; Resistência mecânica.

1 INTRODUÇÃO

A valorização dos resíduos industriais através da indústria da construção é interessante porque seus produtos (cimento, concretos, argamassas, blocos...) são os mais consumidos em todo o mundo, possibilitando uma grande absorção pelas cadeias produtivas deste setor. No aspecto ambiental, além de reduzir os problemas de disposição de resíduo, a sua valorização contribui para a redução do

consumo de recursos naturais, amplamente consumidos pela indústria da construção. As vantagens econômicas, entretanto, ficam limitadas à quantidade de aglomerante necessária para se obter um produto onde a performance seja garantida.

O interesse pelo aproveitamento de valorização de resíduos na construção civil também está vinculado ao fato de que a constituição química da grande parte dos resíduos ser predominantemente de silicatos, aluminatos e óxidos alcalinos, ou seja, semelhantes a dos materiais a base de cimento. Entretanto, além destes, os resíduos industriais podem conter metais pesados em sua composição, principalmente aqueles gerados nas indústrias extrativistas de metais, indústrias de tintas e pigmentos e, especialmente, as galvanoplastias.

Neste sentido, estudos a respeito da fixação de metais pesados vêm sendo realizados com objetivo de identificar formas seguras quanto ao tratamento e valorização destes resíduos. Dentre estes metais, o zinco vem sendo amplamente estudados em materiais a base de cimento.

O zinco é empregado como proteção contra a corrosão, na fabricação de ligas e em fundição. E também empregado na indústria da borracha, pois diminui o tempo necessário para a ocorrência da vulcanização. Óxido de zinco (ZnO) é utilizado como matéria prima para a obtenção de outros compostos a base de zinco, tais como estearato de zinco e palmitato de zinco. Esses dois compostos são detergentes (“sabões”) e são utilizados para estabilizar plásticos e como agentes secantes de tintas. Zinco metálico é usado em alguns tipos de baterias (pilhas secas, baterias de zinco-ar) e pode estar presente em resíduos de galvanoplatia.

Muitas pesquisas vêm mostrando que o zinco influencia fortemente as propriedades do cimento Portland principalmente nas idades iniciais (Olmo *et al.*, 2001 e Qian *et al.*, 2008). Diante disto, tem-se buscado identificar outros aglomerantes que sejam menos sensíveis e mais eficientes diante da presença de metais pesados. Num estudo realizado por Luz *et al.* (2007) e Luz *et al.* (2009) os pesquisadores conseguiram resultados bastante satisfatórios quanto à fixação do cromo em cimentos sulfoaluminosos, principalmente quando comparado ao cimento Portland, graças à formação de grande quantidade de etringita formada durante o processo de hidratação destes cimentos, o que lhe garante rápido desenvolvimento de resistência e possibilidade de fixação de metais em sua estrutura.

Produtos baseados em etringita têm um vasto campo de aplicação em pavimentos, sistemas de reparo, além, de suporte do teto para minas (Filho, 2005). A produção de etringita, segundo Screvener (2001), pode também ser controlada para compensar a retração e evitar fissuração.

Maiores quantidades de etringita também ocorre nos cimentos aluminosos. A resistência do concreto contendo com este tipo de aglomerante em vinte e quatro horas de hidratação pode superar valores de resistência aos sete dias para concretos produzidos com cimento Portland, além de ter pega lenta, mas com o fim de pega seguindo o início de pega, num intervalo de tempo muito pequeno. (Neville, 1997).

O cimento aluminoso foi desenvolvido na França no começo do século XX como uma alternativa ao problema de ataque de estruturas de concreto por águas sulfatadas. A sua comercialização teve sucesso após durante o auge da primeira guerra mundial, o que contribuiu para o intenso uso desse material em estruturas de concreto maciço exposto ao mar e fundações em solos com alto teor de sulfatos (Scrivener, 2001).

Devido à possibilidade de formação de importantes quantidades de etringitas, o que lhe garante um grande desenvolvimento de resistência mecânica em idades iniciais, este estudo tem como objetivo é estudar a influência do zinco nas propriedades do cimento aluminoso, em especial, os tempos de pega e a resistência mecânica, e compará-las com aquelas obtidas com o cimento Portland.

2 METODOLOGIA

Os materiais utilizados para a realização dos ensaios foram os cimentos: Portland ARI-RS, marca Itambé, e o Aluminoso, Secar 51, com suas análises químicas demonstradas na (Tabela 1); e o metal incorporado foi o óxido de zinco (Figura 1).

Tabela 1 – Análise química do Cimento Portland ARI-RS e Cimento Aluminoso Secar 51

Característica	Cimento Portland	Cimento Aluminoso
Al ₂ O ₃ (%)	6,18	51,6
SiO ₂ (%)	22,32	**
Fe ₂ O ₃ (%)	3,12	2,3
CaO (%)	54,67	36,7
MgO (%)	5,10	**
SO ₃ (%)	3,15	**
CaO L. (%)	1,53	**
Blaine (cm ² /g)	4836	4120



Figura 1 - Óxido de Zinco (ZnO)

2.1 Tempo de Pega

Para a realização dos ensaios de tempo de pega, seguiu-se a NBR NM 65: 2003 – Determinação do tempo de pega, da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Os tempos de pega foram medidos em pastas de cimento. As quantidades de óxido de zinco empregadas foram 1%, 5% e 10% e 15% as quais foram previamente misturadas com os cimentos estudados (Portland e Aluminoso).

Foram confeccionadas amostras de referência (sem metal) do cimento Portland e Aluminoso para analisar o efeito do metal sobre os mesmos. A relação a/c foi de 0,37 para todas as pastas e foi definida a partir da consistência normal das pastas de referência.

A pasta foi colocada nos moldes já preparados, para que fosse possível medir o tempo de início e fim de pega (Figura 2). A medição das pastas feitas foi feita com o aparelho de Vicat, onde se mediu a cada meia hora aproximadamente, a marcação da agulha, até que esta tivesse atingido aproximadamente 40 mm, ou que não fossem visíveis mais marcas da agulha na superfície da pasta.



Figura 2 - Tempos de pega: Pastas de cimento aluminoso com óxido de zinco

2.2 Resistência Mecânica

Para a realização dos ensaios de resistência mecânica utilizou-se a NBR 7215. Para cada idade (7 e 28 dias) foram confeccionados 3 corpos-de-prova. A desmoldagem foi feita levando-se em consideração os tempos de pega, sendo os corpos-de-prova com cimento Portland desmoldados após 50 horas e os de cimento Aluminoso após 24 horas. A cura foi feita imersa em água, com temperatura controlada de 23°C (Figura 3).



Figura 3 - Cura dos corpos-de-prova para avaliação da resistência mecânica

3 RESULTADOS

3.1 Tempo de Pega

A presença do óxido de zinco alterou a consistência das pastas, tanto do cimento aluminoso quanto do Portland, sendo entretanto mais significativa para o último e para as quantidades de 10% e de 15%.

A Tabela 2 exibe os tempos de pega (início e fim) das pastas de cimento Portland e do cimento aluminoso com e sem metais (amostra de referência).

Tabela 2 - Tempo de Pega Cimento Portland e do cimento aluminoso com zinco

Amostras	Cimento Portland		Cimento Aluminoso	
	Início (h:min)	Fim (h:min)	Início (h:min)	Fim (h:min)
Referência	03:20	06:50	09:20	13:20
1% Zn	04:10	56:15	08:25	13:25
5 % Zn	03:40	56:00	06:30	08:00
10 % Zn	03:50	53:00	05:10	07:10
15 % Zn	04:00	50:00	05:00	06:50

Em relação ao cimento Portland, verifica-se que o zinco provocou um aumento nos tempos de início e fim de pega. Para este último, a presença do metal foi muito mais significativa, mesmo quando a quantidade incorporada foi de apenas 1% (56 h). Os tempos de início de pega aumentaram gradativamente conforme a quantidade de metal incorporada, entretanto, para os tempos de fim de pega, houve pouca diferença quando a quantidade de zinco foi de 1 ou 15% pois ambas ficaram próximas de 50h.

Em relação ao cimento aluminoso, ao contrário do cimento Portland, a presença do zinco nas pastas implicou a redução nos tempos de início e fim de pega. Além disto, diferentemente do cimento Portland, a redução dos tempos foi menos intensa e proporcional à quantidade de metal colocada.

3.2 Resistência Mecânica

A Figura 04 apresenta os valores de resistência mecânica das argamassas de cimento Portland e de cimento aluminoso, aos 7 e aos 28 dias.

As argamassas de cimento Portland com metal apresentaram resistências mecânicas bastante baixas aos 7 dias. Os corpos de prova com 10% de zinco não apresentaram resistência e acabaram se quebrando ao fazer o capeamento (Figura 5). As amostras com 5% de zinco tiveram resistência inferior a 1 MPa enquanto que a referência teve 19 MPa, mostrando uma forte influência do zinco também na resistência mecânica nas idades iniciais. Entretanto, aos 28 dias, as argamassas referidas apresentaram resistência bem maiores, superiores ao da referência, ficando próximas de 30 MPa.

As argamassas de cimento aluminoso contendo zinco apresentaram resistências maiores que as argamassas de referência, tanto aos 7 quando aos 28 dias, com exceção daquela onde a quantidade de zinco empregada foi de 1%.

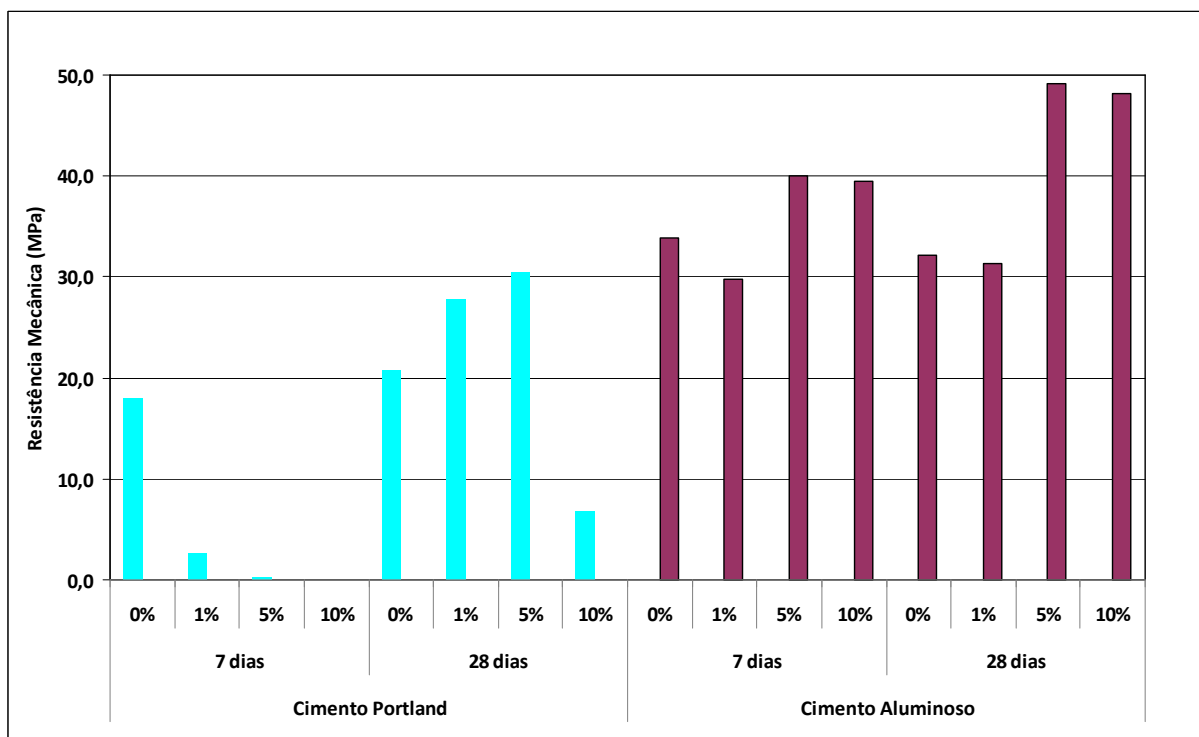


Figura 4 - Resistência mecânica cimento Portland e Aluminoso contendo zinco



Figura 5 – Corpos de Prova de Cimento Portland com 10% de óxido de zinco aos 7 dias

Os resultados de resistência mecânica apresentam-se coerente com aqueles obtidos nos tempos de pega tanto para o cimento Portland como para o cimento aluminoso:

- Para o cimento Portland, por exemplo, o atraso de cerca de 50 h nos tempos de fim de pega causado pela presença do metal teve como consequência o pouco desenvolvimento de resistência mecânica aos 7 dias.

- Para o cimento aluminoso, os tempos de fim de pega da referência foram semelhantes aos das pastas com 1% de zinco. Pelo gráfico de resistência mecânica (Figura 4) nota-se que seus valores também ficaram próximos. Já, as amostras com 5 e 10% de zinco tiveram seu tempo de pega reduzidos praticamente pela metade e valores de resistência mecânica mais elevados já aos dias, em comparação com a amostra referência.

Os resultados encontrados para a resistência mecânica do cimento Portland condizem com os relatados por OLMO *et al.*(2001), onde este observa a redução da resistência mecânica nas primeiras idades, sendo o efeito do metal menor em idades mais avançadas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo contribuir na identificação de aglomerantes compatíveis e/ou menos suscetíveis à presença de metais pesados, os quais podem fazer parte da composição química de vários resíduos industriais. Dependendo da quantidade presente, a valorização do resíduo em materiais a base de cimento pode ser inviável por influenciar negativamente no comportamento de cimento (reduzir resistência, interferir nos tempos de pega) e/ou por não haver fixação do metal na matriz cimentícia.

Neste trabalho, fez-se o estudo da influência do óxido de zinco nas propriedades dos cimentos Portland e aluminoso, mais especificadamente, sobre os tempos de pega e resistência mecânica, onde o cimento aluminoso apresentou melhor comportamento quando em presença do zinco.

Os valores obtidos com o cimento Portland foram esperados e coerentes com aqueles que se encontram nos artigos recentes. O zinco influencia fortemente os tempos de pega, tanto o início quando o final. Esta influência ocorre mesmo em quantidades pequenas (1%) e difere pouco quando a quantidade de zinco é maior (15%).

Como consequência do forte atraso nos tempos de pega (fim de pega de 56 h), houve também uma forte queda de resistência mecânica aos 7 dias, em comparação com a amostra referência (sem zinco). As argamassas com 10% de zinco não resistiram ao capeamento durante a preparação da amostra, devido à reduzida resistência mecânica. Nas argamassas com menor quantidade de zinco, a resistência obtida foi cerca de 10% da resistência da referência (bastante pequena). Aos 28 dias, entretanto, as argamassas tiveram valores bem maiores; entretanto, a argamassa com 10% de zinco ainda apresentou valores baixos (menos da metade da resistência mecânica).

Nas argamassas feitas com cimentos aluminosos, a influência do zinco foi bem menor. Nos ensaios de pega, o zinco reduziu os tempos de início e fim. Naquela com 1%, a influência foi bastante pequena; naquela com quantidade maior (15%) os tempos praticamente reduziram pela metade. Nas resistências mecânicas, as a influencia também foi coerentes com os valores ensaios de pega: argamassas com 1% tiveram resistências próxima a da referência, enquanto que nas demais, houve um incremento.

Ensaio a respeito da capacidade de retenção do metal da matriz cimentícia (solubilização) e a investigação a sobre os compostos hidratados formados, estão sendo realizados e deverão ser objetos de publicação futura.

5 REFERÊNCIAS

FILHO, R. M. **Caracterização do cimento aluminoso e sua aplicação em concretos de alta resistência (car)**. Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal do Paraná/Curitiba, 2005.Dissertação. 174p.

LUZ, C ; PERA, J ; CHERIAF, M ; ROCHA, J . **Behaviour of calcium sulfoaluminate cement in presence of high concentrations of chromium salts**. Cement and Concrete Research, Holanda, v. 37, p. 624-629, 2007.

LUZ, C. A. ; ROCHA, J ; CHERIAF, M ; PERA, J . **Valorization of galvanic sludge in sulfoaluminate cement**. Construction & Building Materials, v. 23, p. 595-601, 2009.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. Trad. Salvador E. Giamusso, São Paulo. Editora Pini, 1997.

OLMO, Fernández; CHACON, E.; IRABIEN, A. **Influence of lead, zinc, iron (III) and chromium (III) oxides on the setting time and strength development of Portland cement**. Cement and Concrete Research , Vol. 31, 2001, p. 1213–1219.

PEYSSON, S., PÉRA, J., CHABANNET. M. **Immobilization of heavy metals by calcium sulfoaluminate cement**. Cement and Concrete Research, Vol. 35, 2005,p 2261-2270.

QIAN, G.R., SHI, J. CAO, Y.L., XU, Y.F., CHUI P.C. **Properties of MSW fly ash–calcium sulfoaluminate cement matrix and stabilization/solidification on heavy metals**. Journal of Hazardous Materials, vol. 152, 2008, p 196–203.

SAMPAIO, L. e SILVA. Cimentos Aluminosos - propriedades e aplicações. Outubro, 2008.

SCRIVENER, K. L. **Historical and Present Day Applications of Calcium Aluminate Cements**. In: International conference on calcium alinate cements (CAC) , July, 2001, Edinburgh. UK. Proceedings. p. 3-23.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Araucária pelas bolsas de iniciação científica