

AValiação DE PROPRIEDADES DE CONCRETO COM ESCÓRIA DE ALTO-FORNO ATIVADA QUIMICAMENTE¹

*Maria Antonina Magalhães Coelho²
Maristela Gomes da Silva³
Fernando Lordélio dos Santos Souza⁴
Robson Sarmento⁵
Eliana Zandonade⁶
Tsutomu Morimoto⁷*

Resumo

O objetivo desta pesquisa é produzir concretos duráveis para produção de estruturas hidráulicas de proteção contra a ação de ondas marinhas utilizando escória de alto-forno ativada quimicamente em substituição ao cimento, escória granulada de alto-forno como agregado miúdo e escória bruta de alto-forno, devidamente britada, como agregado graúdo. Os ativadores pesquisados foram o clínquer do cimento Portland mais cal hidratada, em substituição à escória de alto-forno moída; silicato de sódio mais cal em substituição à escória de alto-forno moída; e cal mais gipsita em substituição à escória de alto-forno moída. O ativador que apresentou menor interferência na trabalhabilidade do concreto e contribuiu para maior resistência à compressão foi o silicato de sódio mais cal hidratada, tendo sido selecionado para compor o concreto da estrutura hidráulica de proteção contra a ação de ondas marinhas. Após seleção do ativador, foram avaliadas, para esta mistura, a massa específica, a absorção de água, o índice de vazios, a resistência à tração por compressão diametral, a resistência à tração na flexão, a absorção de água por capilaridade e a difusão de íons cloreto tendo sido constatada a boa qualidade dos concretos. Pretende-se, também, com este estudo, contribuir para a redução do custo e da demanda energética, economizando recursos naturais e expandindo o mercado potencial de escórias no Brasil.

Palavras-chave: Concreto; Escória de alto-forno; Ativação química; Estrutura hidráulica.

¹ Congresso Anual da ABM – Julho/2005 - Belo Horizonte

² Pesquisadora do NEXES, Núcleo de Excelência em Escórias Siderúrgicas do Centro Tecnológico da UFES, MCs, Prof. nos cursos de Arquitetura e Eng. Produção Civil da UNIVIX e Prof. no curso de Eng. de Produção Civil da UCL,

³ Pesquisadora do NEXES; Doutora, Professora e Diretora do Centro Tecnológico da UFES,

⁴ Pesquisador do NEXES; MCs, Professor do Centro Tecnológico da UFES,

⁵ Pesquisador do NEXES; Doutor.

⁶ Pesquisadora do NEXES; Doutora, Professora do Departamento de Estatística da UFES

⁷ Especialista em Meio Ambiente da Companhia Siderúrgica de Tubarão.

1 INTRODUÇÃO

A indústria siderúrgica gera escória de alto-forno como subproduto na fabricação do aço. A escória granulada de alto-forno, obtida após resfriamento rápido, tem hidraulicidade latente e sua energia interna é usada na formação de produtos hidratados muito semelhantes aos obtidos na hidratação do cimento Portland.

Nas últimas décadas, a maior conscientização das questões ambientais e as políticas estatais sobre preservação ambiental vêm fazendo com que surjam novas propostas de reciclagem de resíduos e de redução da quantidade de resíduos gerados. Dentre os benefícios ambientais, merecem destaque a redução do volume escavado de jazidas para a produção de cimento e agregados e, conseqüentemente, a diminuição da degradação da camada vegetal, redução da utilização de explosivos que geram partículas em suspensão no ar, diminuição de liberação de dióxido de carbono no ar atmosférico e diminuição de áreas necessárias ao descarte de resíduos industriais. (Aldasoro, 1985, p.33; John, 1996).

Neste estudo procurou-se utilizar altos teores de escória de alto-forno que foi usada sob suas diferentes apresentações, isto é, moída em substituição ao cimento Portland, na forma granulada como agregado miúdo e na forma bruta, devidamente britada, como agregado graúdo. A utilização de ativadores químicos para produção de concretos de escória vem sendo pesquisada apresentando resultados como boa resistência nas primeiras idades com baixo calor de hidratação e alta durabilidade dos concretos (Shi; Qian, 2000, p. 195; Brough; Atkinson, 2002, p. 865); Bakharev *et al.*, 2000, p. 1367).

2 MATERIAIS

Os materiais cimentícios utilizados foram a escória granulada de alto-forno moída e o cimento Portland de alto-forno CP III - 32 RS. O teor de escória granulada de alto-forno no cimento CP III – 32 RS é de 66% (em massa). A composição química da escória granulada de alto-forno e do cimento CP III – 32 RS está apresentada no Quadro 1 e suas características físicas no Quadro 2.

Quadro 1. Análise química dos materiais cimentícios.

Oxidos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	S	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	SO ₃	CO ₂
Escória	33,02	12,64	0,68	42,83	7,71	1,06	0,17	0,31	0,60	-	-
CP III	29,88	9,92	1,43	50,95	5,78	0,62	0,09	0,36	0,38	0,69	0,15

Quadro 2. Caracterização física dos materiais cimentícios.

Características físicas	Escória	CP III – 32 RS
Finura (NBR 11579) - Resíduo na peneira de 0,075 mm (%)	0,4	0,6
Superfície específica Blaine (NBR NM 76) (cm ² /g)	4100	4220
Massa específica (NBR 6474) (kg/m ³)	2,906	2,986

O grau de vitrificação da escória granulada de alto-forno é igual a 96%, o índice de refração é igual a 1,65 e a sua natureza é básica. A composição química e as propriedades físicas da escória granulada de alto-forno são compatíveis com dados da literatura (Scanduzzi; Battagin, 1990; Cincotto, 1992; Esper, 1993). As propriedades

físicas estão de acordo com as prescrições das normas brasileiras e com estudos realizados por outros autores (Scandiuzzi; Battagin, 1990; Cincotto,1992; Silva; Almeida, 1986; Ribeiro, *et al.* 1990).

Como agregado miúdo foi empregada escória granulada de alto-forno, estando suas características físicas de acordo com os requisitos prescritos nas normas brasileiras para agregados miúdos e de acordo com dados da literatura, apresentando, no entanto, forma angulosa (Scandiuzzi; Battagin, 1990; Cincotto,1992; Silva; Almeida, 1986; Ribeiro, *et al.* 1990). A Figura 1 mostra micrografia da escória granulada de alto-forno.

Como agregado graúdo foi empregada escória bruta de alto-forno britada nas granulometrias da brita 1 (material passando na peneira 25 mm) e da brita 2 (material passando na peneira 32 mm). Apresenta estrutura porosa em alguns grãos o que torna o material heterogêneo. A Figura 2 foto da escória bruta de alto-forno.

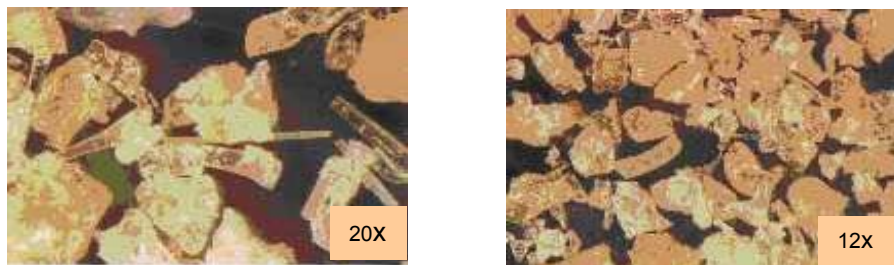


Figura 1. Micrografias da escória granulada.



Figura 2. Foto da escória bruta de alto-forno.

Os materiais utilizados como ativadores são a cal hidratada CH I, a gipsita e o silicato de sódio, tendo sido a gipsita moída em moinho de bolas em laboratório e utilizada na finura menor que 0,075 mm. A características físicas da cal hidratada CH I estão no Quadro 3 e a análise química da cal hidratada CH I e da gipsita estão no Quadro 4.

Quadro 3. Características físicas da cal hidratada.

Determinação	CH I
Material retido na peneira no. 30 (NBR 9289) (%)	0
Material retido na peneira no. 200 (NBR 9289) (%)	0,36
Massa específica (NBR 6474) (kg/m ³)	2,32

Quadro 4. Análise química da cal hidratada CH I.

Composição Química		Cal hidratada CH I (% em massa)	Gipsita (% em massa)
Dióxido de silício	SiO ₂	0,93	5,36
Óxido de alumínio	Al ₂ O ₃	0,27	0,47
Óxido de ferro	Fe ₂ O ₃	0,36	0,38
Óxido de cálcio	CaO	72,48	37,55
Anidrido sulfúrico	SO ₃	0,14	47,30
Óxido de sódio	Na ₂ O	-	0,05
Óxido de potássio	K ₂ O	0,07	0,26
Perda ao fogo		25,28	8,85

As propriedades químicas e físicas do silicato de sódio foram fornecidas pelo fabricante e estão apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5. Propriedades físicas e químicas do silicato de sódio.

Ítem analisado	Resultado	Ítem analisado	Resultado
Na ₂ O (%)	16,217	Módulo de Silica (SiO ₂ / Na ₂ O)	1,70
SiO ₂ (%)	27,662	Densidade 25 ° C (g/l)	1,522
Partículas sólidas	43,879	Viscosidade 25 ° C (cP)	199
Água	56,121	° Be	49,50

3 METODOLOGIA

Na seleção da geometria mais adequada foram levadas em consideração as características de projeto de estruturas hidráulica de proteção contra a ação de ondas marinhas, a facilidade de produção dos blocos e de montagem da estrutura e a eficiência estrutural proporcionada pela geometria. Optou-se por uma forma robusta para os blocos que compõem a estrutura hidráulica, que atende às tensões internas de flexão e de torção e à facilidade de produção, como a moldagem e desforma (Melby; Jeffrey; Turk, 1997). A geometria pertence à família de formas denominada *bulky*, e está mostrada na Figura 3.

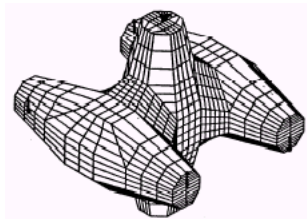


Figura 3. Bloco da estrutura hidráulica de contenção de ondas (Melby; Jeffrey; Turk, 1997).

O projeto experimental foi desenvolvido para que a estrutura hidráulica atenda ao requisito de durabilidade, conforme as especificações da NBR 6118/2003, e, tomando-se como referência a região costeira da grande Vitória, a classe de agressividade ambiental, segundo a referida norma, é muito forte, o concreto deve ter f_{ck} igual a 40 MPa e a relação água/materiais cimentícios igual a 0,45, parâmetros estes considerados, mesmo não sendo o bloco armado. Esta resistência é suficiente para o

concreto absorver as tensões devidas aos esforços de flexão e torção decorrentes dos encaixes dos blocos da estrutura hidráulica de proteção contra a ação de ondas marinhas.

A dosagem do concreto foi realizada pelo método do ACI (American Concrete Institute) e como parâmetro de resistência foi prevista, na dosagem, 46,6 MPa à idade de 28 dias, considerando um desvio padrão de 4 MPa. Os ativadores químicos utilizados, mostrados no Quadro 6, foram selecionados em estudo prévio, dentre vários ativadores usados por diferentes autores (John, 1995; Shy & Day, 1995; Silva, 1998; Collins & Samjayan, 1999; Bakharev *et al.*, 2000; Isaia, 2003 Brough & Atkinson, 2002; Coelho, 2002).

Quadro 6. Autores e ativadores usados como referência.

Autor	Ativadores
BROUGH & ATKINSON, 2002;	Silicato de sódio
ISAIA, 2003	Cal
COELHO, 2002	Clínquer
BAKHAREV <i>et al.</i> , 2000	Silicato de sódio
COLLINS & SANJAYAN, 1999	Silicato de sódio + cal + gipsita
SILVA, 1998	Silicato de sódio + cal
SHY & DAY, 1995	Silicato de sódio
JOHN, 1995	Silicato de sódio

Foram, então, confeccionadas 7 misturas com os ativadores selecionados, estando os teores dos materiais cimentícios e dos tipos de ativadores utilizados nestas misturas apresentados no Quadro 7.

Quadro 7. Teores de materiais cimentícios e de ativadores utilizados nas misturas.

Traço	Materiais cimentícios / Ativador (%)				
	CP III – 32 RS	Escória moída	Silicato de sódio	Cal CH I	Gipsita
A	50	50	-	-	-
B	23,5	68,5	-	8	-
C	29,4	70,6	-	10	-
D3 (3% de Na ₂)	-	78,5	16,5	5	-
D4 (4% de Na ₂)	-	71,4	23,6	5	-
D5 (5% de Na ₂)	-	67,5	27,5	5	-
E	-	92	-	2	6

O traço dosado foi utilizado em todas as misturas sendo, então, realizados ensaios de abatimento do concreto e moldagem de corpos-de-prova cilíndricos (100x200)mm para realização de ensaios de resistência à compressão axial aos 7 e 28 dias, sendo 4 corpos-de-prova para cada idade.

Para a avaliação das demais propriedades, foram moldados, para as misturas selecionadas, corpos-de-prova cilíndricos com (100x200)mm para os ensaios de resistência à compressão axial, massa específica, absorção de água, índice de vazios, resistência à tração por compressão diametral e para difusão de íons cloreto; prismas

com (150x150x500)mm para resistência à tração na flexão; e cilindros com (150x150)mm para ensaios de absorção por capilaridade. Os corpos-de-prova foram mantidos em cura úmida até a data da realização dos ensaios.

Os ensaios de resistência à compressão foram realizados aos 7 e 28 dias, segundo a NBR 5739, utilizando 4 corpos-de-prova para cada idade. Os ensaios de massa específica, absorção de água e índice de vazios foram realizados aos 28 dias, segundo a NBR 9778, utilizando 4 corpos-de-prova. Os ensaios de resistência à tração por compressão diametral foram realizados aos 28 dias, segundo a NBR 7222, utilizando 4 corpos-de-prova. Para os ensaios de penetração de íons cloreto seguiu-se a metodologia preconizada pela ASTM C 1202/97 que fornece uma avaliação da resistência à penetração de íons cloreto com a condutância elétrica do material, realizado utilizando 4 corpos-de-prova, ensaiados aos 28 dias. Os ensaios de tração na flexão foram realizados aos 28 dias, segundo o MB 3483, utilizando 4 corpos-de-prova. Os ensaios de absorção de água por capilaridade foram realizados aos 28 dias, segundo a NBR 9779, utilizando 4 corpos-de-prova.

3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados de abatimento do concreto fresco e de resistência à compressão são mostrados no Quadro 8.

Quadro 8. Abatimento do concreto fresco e resistência à compressão dos concretos com diferentes tipos de ativadores.

No. Traço	Abatimento (mm)	Resistência à compressão (MPa)	
		7 dias	28 dias
A	110	28,5	36,1
B	50	18,0	25,1
C	70	17,6	24,8
D3	190	17,6	22,1
D4	70	41,4	48,4
D5	150	46,8	49,7
E	30	13,0	16,2

Na Tabela 1 pode-se observar que as resistências encontradas para a mistura D3 (3% Na₂O do silicato de sódio) apresenta valores mais baixos, quando comparado aos resultados apresentados pelas misturas D4 e D5. Este fato se deve, provavelmente, à pequena ativação resultante do sódio utilizado, estando, no entanto, de acordo com resultados encontrados na literatura (John, 1995; Shy & Day, 1995; Silva, 1998; Collins & Sanjayan, 1999; Bakharev *et al.*, 2000; Brough & Atkinson, 2002). Os valores de resistência à compressão encontrados para as misturas D4 e D5 atendem ao requisito de projeto, no entanto, a mistura D5 apresentou resistência à compressão similar à da mistura D4, sendo, então, selecionada a mistura D4 (4% Na₂O do silicato de sódio). para ser utilizada na continuação dos estudos.

A mistura A (50% CP III – 32 RS + 50% escória) apresentou resultados de resistência à compressão bastante significativos, entretanto, não alcançando os valores requeridos no projeto, isto é, 46,6 MPa. No entanto, esta mistura foi utilizada na continuação dos estudos para servir de referência como concreto sem ativação com silicato de sódio.

A Tabela 1 apresenta o resultado das propriedades avaliadas das misturas de concreto A e D4 produzidas.

Tabela 1. Resultados das propriedades avaliadas das misturas de concreto 1 e 2.

Propriedades	Mistura A (escória + CP III - 32 RS)	Mistura D4 (escória + silicato de sódio)
Resistência à compressão (7 e 28 dias) (MPa)	25.2 - 29.2	42.5 - 48.4
Massa específica (kg/m ³)	2500	2480
Absorção (%)	8.07	6.93
Índice de vazios (%)	16.80	14.64
Resistência à tração por compressão diametral (MPa)	3.25	3.60
Resistência à tração na flexão (MPa)	4.62	5.52
Absorção de água por capilaridade (g/cm ²)	1.57	2.20
Resistência à difusão de íons cloreto (C)	1136 (baixa)	941 (muito baixa)

Nota: foram feitos estudos estatísticos em todos os resultados.

Os melhores resultados de resistência à compressão, apresentados, também, na Figura 4, foram obtidos para a mistura D4 (4% Na₂O do silicato de sódio). Este fato pode ser devido à maior eficiência de ativação pelo silicato quando comparado com a ativação pelo clínquer do cimento CP III - 32 RS da mistura A. A porcentagem de clínquer do CP III - 32 RS pode não ter sido suficiente para hidratar toda a escória, devido ao fato de que, com altos teores de escória, o pH da água do poro é mais baixa, o que dificulta a dissolução dos íons de cálcio e sílica na água de amassamento (John *et al.*, 1994, p.52).

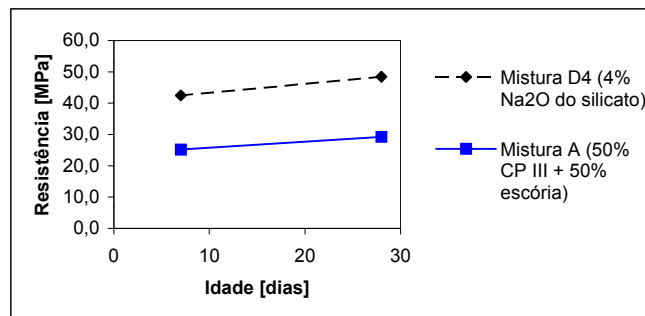


Figura 3. Resultados de resistência à compressão, aos 7 e 28 dias, para a mistura D4 (4% Na₂O do silicato de sódio) e mistura A (50% CP III - 32 RS + 50% escória)

Os valores de massa específica não apresentaram diferenças significantes entre as duas misturas. Ambas foram confeccionadas com, praticamente, os mesmos materiais e mesmas proporções.

O índice de vazios se apresentou maior para a mistura A (50% CP III – 32 RS + 50% escória) quando comparado com a mistura D4 (4% Na₂O do silicato de sódio). Este fato pode ser devido à menor hidratação da escória pelo clínquer para a mistura A.

A absorção de água foi menor para a mistura D4 (4% Na₂O do silicato de sódio) devido, provavelmente, às propriedades na interface desta mistura que são excelentes, com baixos níveis de porosidade (Brough & Atkinson, 2002).

A absorção de água por capilaridade foi maior para a mistura D4 (4% Na₂O do silicato de sódio). Isto se deve ao fato de que, como concretos ativados com silicatos têm uma estrutura de poro melhor do que concretos convencionais, sua estrutura contém mais poros de gel e poucos poros capilares (Collins & Sanjayan, 2001), o que contribui para uma absorção por capilaridade maior (Regattieri, 1998; Coutinho, 1974; Helene, 1993). Estes resultados podem ser observados na Figura 5.

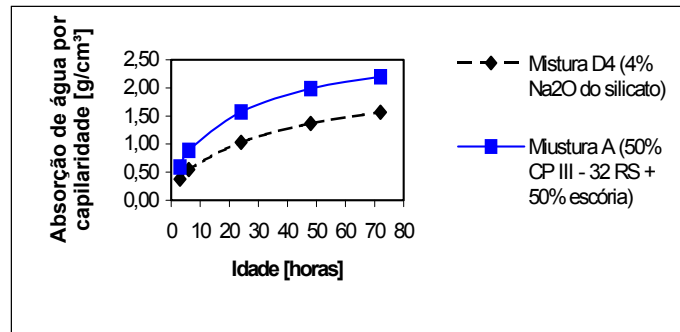


Figura 5. Absorção de água por capilaridade no tempo para a mistura D4 (4% Na₂O do silicato de sódio) e mistura A (50% CP III - 32 RS + 50% escória).

Os resultados dos ensaios de difusão de íons cloreto apresentaram classificação baixa para a mistura 1 (CP III – 32 RS + 50% escória) (Iaia *et al.*, 2003) e muito baixa para a mistura D4 (4% Na₂O do silicato de sódio). A justificativa para os bons resultados encontrados para as duas misturas pode estar no fato de que, com a utilização de escória de alto-forno, ocorre uma melhora na estrutura do poro da pasta de cimento diminuindo, assim, a capacidade de penetração de íons cloreto (Luo *et al.*, 2002).

4. CONCLUSÕES

Nos estudos realizados para a seleção do tipo de ativador, os valores encontrados para a mistura D4 (4% de sódio + cal) apresentaram os melhores resultados de resistência à compressão sendo na etapa de seleção do ativador.

Comparando resistência à compressão, resistência à tração na flexão e resistência à tração por compressão diametral das misturas estudadas na continuação dos estudos, verificou-se maiores valores para o concreto da mistura D4 (4% Na₂O do silicato de sódio). Este fato pode ser devido à maior eficiência de ativação pelo silicato quando comparado com a ativação pelo clínquer do cimento CP III - 32 RS da mistura A.

A massa específica não apresentou diferenças significativas entre as duas misturas. A absorção de água foi menor para a mistura D4 (4% Na₂O do silicato de sódio) devido, provavelmente, às propriedades na interface desta mistura que são excelentes.

Absorção de água por capilaridade foi maior para a mistura D4 (4% Na₂O do silicato de sódio) devido, provavelmente, à estrutura dos poros.

Os resultados dos ensaios de difusão de íons cloreto apresentaram uma classificação baixa para a mistura A e muito baixa para a mistura D4 (4% Na₂O do silicato de sódio) devido, provavelmente, à melhora na estrutura do poro da pasta de cimento, com a

utilização de escória de alto-forno, diminuindo, assim, a capacidade de penetração de íons cloreto.

Agradecimentos

Agradecemos à Companhia Siderúrgica de Tubarão (CST), à FINEP e ao CNPq por fomentar este trabalho. Agradecemos, também, à Fábrica de Cimento Nassau, à Diaton, à Ical, à Holcim e à Mizu por fornecer os materiais. À toda a equipe de CST.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALDASORO, J. C. “Extracción y procesamiento de escórias”, **Memória Técnica de las primeras Jornadas Técnicas de Escórias Siderúrgicas. SOMISA - Sociedad Mixta Siderurgia**, Buenos Aires, 1985, p. 33-37.
2. JOHN, V. M. “Pesquisa e Desenvolvimento de Mercado para Pesquisa”, **Reciclagem e Reutilização de Resíduos como Material de Construção Civil**, 1996.
3. SHI, C.; QIAN, J. “High performance cementing materials from industrial slag – a review”, **Resources, Conservation and Recycling**, Vol. 29, Junho 2000, p. 195-207.
4. BROUGH, A. R.; ATKINSON, A. “Sodium silicate-based, alkali-activated slag mortars. Part I. Strength, *hydration* and microstructure”, **Cement and Concrete Research**, Vol. 32, 2002, p. 865-879.
5. BAKHAREV, A. *et al.* “Effect of admixtures on properties of alkali-activated slag concrete”, **Cement and Concrete Research**, Vol. 30, 2000, p. 1367-1374.
6. SCANDIUZZI, L.; BATTAGIN, A. F. “A Utilização da Escória Granulada de Alto Forno como Agregado Miúdo”, **Estudo Técnico nº 95**. Associação Brasileira de Cimento Portland. São Paulo, 1990.
7. CINCOTTO, M. A. *et al.* “Caracterização de escória granulada de alto-forno e seu emprego como aglomerante e agregado”, **Boletim 65, IPT**, São Paulo, 1992.
8. ESPER, M. W. “Contribuição ao estudo de algumas propriedades do cimento de alto-forno”, **Dissertação (Mestrado)**, *Escola Politécnica da Universidade de São Paulo*, São Paulo, 1993.
9. SILVA, E.; ALMEIDA, C. “Escória de Alto Forno Granulada como Agregado Miúdo para Argamassa e Concreto”, **I Simpósio Nacional de Agregados**, 1986.
10. RIBEIRO, C. C. *et al.* “Estudo do aproveitamento da escória de alto-forno como agregado miúdo na produção de argamassa e concreto”, **Projeto de pesquisa da Escola de Engenharia Civil da Universidade de Minas Gerais**, 1990.
11. MELBY, J.; TURK, G. “Concrete armor units” . **Technical Report CHL-97-4**, US Army of Engineers, Waterways Experiment Station, 1997.
12. JOHN, V. M. “Cimentos de Escória Ativada com Silicatos de Sódio”, **Tese (Doutorado)**, *Escola Politécnica da Universidade de São Paulo*, São Paulo, 1995.
13. SHI, C.; DAY, R. L. “A calorimetric study of early hydration of alkali-slag cements”, **Cement and concrete Research**, Vol. 25, 1995, p. 1333-1346.
14. SILVA, M. G. “Influência da cura térmica em pastas e argamassas de cimento de escória”, **Tese (Doutorado)**, *Escola Politécnica da Universidade de São Paulo*, São Paulo, 1998.

15. COLLINS, F.; SANJAYAN, J. G. "Workability and mechanical properties of alkali activated slag concrete", **Cement and Concrete Research**, Vol. 29, 1999, p. 455-458.
16. COELHO, M. A. M. "Estudo da carbonatação e retração em concretos de alto desempenho com elevados teores de escória de alto-forno", **Dissertação (Mestrado)**, *Universidade Federal do Espírito Santo*, Vitória, 2002.
17. ISAIA, G. C. *et al.* "Como diminuir a despassivação da armadura e aumentar o desempenho do concreto estrutural com altos teores de adições de minerais e cal hidratada", **Simpósio epusp sobre estruturas de concreto**, São Paulo, 2003.
18. JOHN *et al.* "Cimentos de escória de alto-forno sem clínquer", **Resíduos industriais para redução de custos na construção habitacional**, IPT/UFES, Vitória, 1994, p. 52-59.
19. WANG, S. *et al.* "Alkali-activated slag cement and concrete: a review of properties and problems", **Advances in Cement Research**, Vol. 27, Julho 1995, p. 93-102.
20. LUO, R. *et al.* "A Study of chloride binding and diffusion in GGBS concrete", **Cement and Concrete Research**, Vol. 33, 2002, p. 1-7.
21. COLLINS & SANJAYAN, Microcracking and strength development of alkali activated slag concrete. **Cement & Concrete Composites**. 23, 2001. p. 345.
22. REGATTIERI, C. E. X. **Contribuição ao estudo da influência da dosagem do concreto na absorção capilar e penetração de íons cloreto**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1998. 237p.
23. COUTINHO, A. S. **Fabrico e propriedades do betão**. Lisboa: LNEC, 1974. 2v.1998
24. HELENE, P. R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1993. 231p.

INVESTIGATION OF PROPERTIES OF CONCRETE CONTAINING ALKALI-ACTIVATED SLAG (AAS)

Maria Antonina Magalhães Coelho⁸
Maristela Gomes da Silva⁹
Fernando Lordêllo dos Santos Souza¹⁰
Robson Sarmiento¹¹
Eliana Zandonade¹²
Tsutomu Morimoto¹³

Abstract

This paper reports the results of an investigation on concrete containing alkali-activated slag (AAS). The activators used were liquid sodium silicate + lime; clinker + lime; lime + gypsum and clinker. The activator of liquid sodium silicate (4% Na₂O, mass of binder) + lime showed better compressive strength when compared to normal portland cement concrete. Other properties were studied such as density, water absorption and percentage of voids, flexural strength, tense splitting strength, absorption of water by capillary forces and chloride diffusion and the results are discussed in this paper.

Key-words: Alkali-activated slag concrete; blast furnace slag; Recycling.

⁸ *Pesquisadora do NEXES, Núcleo de Excelência em Escórias Siderúrgicas do Centro Tecnológico da UFES, MCs, Prof. nos cursos de Arquitetura e Eng. Produção Civil da UNIVIX e Prof. no curso de Eng. de Produção Civil da UCL,*

⁹ *Pesquisadora do NEXES; Doutora, Professora e Diretora do Centro Tecnológico da UFES,*

¹⁰ *Pesquisador do NEXES; MCs, Professor do Centro Tecnológico da UFES,*

¹¹ *Pesquisador do NEXES; Doutor.*

¹² *Pesquisadora do NEXES; Doutora, Professora do Departamento de Estatística da UFES*

¹³ *Especialista em Meio Ambiente da Companhia Siderúrgica de Tubarão.*