

Propriedades de um concreto com incorporação de óxido de alumínio

HERBET A. DE OLIVEIRA* – DR. PROF., ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4159-6325>; RAYZA S. B. TAVARES – ENG.; VANESSA G. DE O. ALMEIDA – ENG./PROF^a, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9740-1940>; FERNANDA M. C. DE MELO – ENG./PROF^a, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0122-8336>; JOSÉ E. M. DE CARVALHO – ENG. — IFS

COCHIRAN P. DOS SANTOS – Fís., ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9819-6002>; ZELIA S. MACEDO – Fís., ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8577-7622> — IFS

RESUMO

NESTE trabalho foi investigado o comportamento, antes e após queima, de um concreto de 25 MPa, em que a Al_2O_3 substituiu o agregado miúdo nas proporções em peso 5%, 10% e 20%. No estado fresco, foram realizados os ensaios de abatimento e densidade aparente; e, no estado endurecido, absorção de água, massa específica, resistência à compressão, coeficiente de dilatação e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os corpos de prova foram queimados nas temperaturas de 400 e 1000°C, simulando um incêndio. Após a

queima, os corpos de prova foram analisados quanto aos ensaios tecnológicos e pela análise de variância (ANOVA). Foi observado que com a substituição do agregado miúdo pela alumina até o limite de 10% em peso, ocorreu aumento de até 40% em relação à resistência mecânica após cura e também após queima a 400°C. No entanto, após 1000°C, houve redução da resistência em função de fissuras provocadas pela dissociação das matérias primas. Concluiu-se que até 400°C a Al_2O_3 atuou positivamente contra ação do fogo não perdendo suas propriedades.

PALAVRAS-CHAVE: ALUMINA, INCÊNDIO, CONCRETO, FISSURAS.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a ABNT NBR 12655, o concreto é um material composto por uma mistura homogênea de aglomerante hidráulico, agregado graúdo, agregado miúdo e água. O concreto, quando se encontra no estado endurecido, adquire elevada resistência mecânica e durabilidade.

Conforme Rocha [1] e Costa *et al* [2], estudos têm sido realizados a fim de melhorar a resistência térmica do concreto e reduzir os impactos provocados em incêndios.

A elevada temperatura causa vários efeitos no concreto, tais como: alteração na coloração, perda de resistência mecânica, fissuração ou em situações extremas, a desintegração da estrutura.

De acordo com Vargas e Silva [3], uma estrutura segura em situação de incêndio [...] é aquela que, com ou sem proteção contra incêndio, tem grande probabilidade de resistir aos esforços solicitantes em temperatura elevada, de forma a evitar o seu colapso[...].

De acordo com Shao *et al* [4], a Al_2O_3 apresenta bom desempenho entre os materiais complementares a serem adicionados ao cimento, devido à sua refratariedade, dureza, resistência ao ataque químico e resistência mecânica em altas e baixas temperaturas.

Lu *et al* [5] estudaram a adição de vários materiais suplementares em concreto e foram observadas melhoras na resistência quando incorporados produtos contendo alumina, como metacaulim. Já Nazari *et al*. [6] incorporaram nanopartículas de Al_2O_3 em substituição ao cimento em um concreto. A resistência após cura aumentou com até 2% de Al_2O_3 incorporado. O aumento da resistência foi observado devido à reação do $Ca(OH)_2$ presente no cimento com a Al_2O_3 adicionada, os quais durante a hidratação do cimento favoreceram a formação do C-S-H confirmado por Bareiro e Silva [7]. Nesse trabalho foi produzido um concreto com substituição parcial do agregado miúdo por Al_2O_3 , com o objetivo de avaliar a contribuição da Al_2O_3 na resistência mecânica e térmica, por

ocasião de uma estrutura ser submetida a incêndio a 400 e 1000°C.

2. METODOLOGIA

2.1 Caracterização das matérias primas

2.1.1 CIMENTO PORTLAND

O cimento utilizado foi o CPV- ARI RS, caracterização de acordo com a ABNT NBR 16697:2018 (Tabela 1).

2.1.2 AGREGADO MIÚDO

A caracterização está apresentada na Tabela 2.

2.1.3 AGREGADO GRAÚDO

A caracterização está apresentada na Tabela 3.

2.1.4 ALUMINA

A Al_2O_3 utilizada foi a comercial do

► Tabela 1

Resultados dos ensaios realizados para a caracterização do cimento

Ensaio	Norma utilizada	Resultado
Consistência normal	ABNT NBR 16606	35%
Índice de finura	ABNT NBR 11579	1,92%
Expansibilidade a quente	ABNT NBR 11582	A quente = 3,9 mm
Resistência à compressão	ABNT NBR 7215	1 dia = 20,7 MPa
Massa específica	ABNT NBR 16605	3,149 g/cm ³

Fonte: O autor, 2021.

► Tabela 2

Ensaio realizado para a caracterização do agregado miúdo

Ensaio	Norma utilizada	Resultado
Massa unitária	ABNT NM 45	1,7 g/cm ³
Análise granulométrica	ABNT NBR NM 248	Mod. de finura = 2,7
Massa específica	ABNTNBR NM 52	2,62 g/cm ³

Fonte: O autor, 2021.

► Tabela 3

Ensaio realizado para a caracterização do agregado graúdo

Ensaio	Norma utilizada	Resultado
Massa unitária	ABNT NM 45	1,2 g/cm ³
Análise granulométrica	ABNT NBR NM 248	Mod. de finura = 2,0%
Massa específica	ABNT NBR NM 52	2,73 g/cm ³

Fonte: O autor, 2021.

fabricante Alcoa, passante na peneira 0,177 mm de abertura e massa específica 3,90 g/cm³.

2.1.5 SUPERPLASTIFICANTE

O superplastificante utilizado foi o da marca Bautech.

2.2 Análise granulométrica

Na Figura 1, são apresentadas as curvas granulométricas do agregado miúdo (areia) e da Al₂O₃, analisados de acordo com a ABNT NBR NM 248:2003. Pode-se observar que na abertura 0,1 mm, a Al₂O₃ passou cerca de 50%, enquanto o agregado miúdo somente 10%, o que comprova que a Al₂O₃ é bem mais fina, favorecendo aumento da superfície específica e reatividade.

Considerando a concavidade dada pela Equação 1.

$$[1] \quad Cc = D_{30}^2 / D_{60} \cdot D_{10}$$

Cu é o coeficiente de uniformidade expresso pela Equação 2.

$$[2] \quad Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Em que D₆₀, D₃₀, e D₁₀ são as aberturas em que passaram, respectivamente, 60%, 30% e 10% das partículas.

Na Tabela 4, são apresentados os resultados de coeficiente de uniformidade (Cu) e concavidade (Cc) da alumina e areia.

O Cu apresenta uma melhor perspectiva do tamanho das partículas do solo. Sendo Cu < 5, solos uniformes e Cu > 15, solos desuniformes e entre 5 e 15, são medianamente uniformes. O coeficiente de curvatura (Cc) é utilizado na

identificação de descontinuidades na distribuição granulométrica. Sendo Cc entre 1 e 3, classificado como solo bem graduado e Cc e abaixo de 1 e acima de 3, solo mal graduado [8].

De acordo com a Tabela 4, a Al₂O₃ apresentou uma composição granulométrica uniforme, ou seja, com partículas concentradas em uma faixa de dimensão estreita, sendo classificada de acordo com o Cc como mal graduada. Por sua vez, o agregado miúdo apresentou uniformidade média e bem graduada.

2.3 Formulações

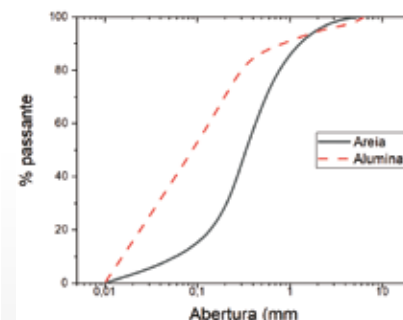
Na Tabela 5, são apresentadas as formulações. A Al₂O₃ foi usada para substituir o agregado miúdo em uma formulação de concreto de 25 MPa de referência nas proporções 5,10 e 20%, que foram identificadas por A_{5%}, B_{10%} e C_{20%}.

2.4 Preparação dos corpos de prova

Foram moldados 17 corpos de prova cilíndricos nas dimensões (100 x 200) mm. Os mesmos foram desmoldados após 24 horas e ficaram imersos em água saturada com cal para o processo de cura por 28 dias.

2.5 Queima

Após cura, os corpos de prova foram aquecidos em duas condições: até



► Figura 1

Análise granulométrica da alumina e areia

Fonte: O autor, 2021.

Tabela 4
Resultados do Cu e CC

Material	Cu	Cc	Classificação (Cu/Cc)
Areia	5	1,25	Medianamente uniforme / Bem graduado
Alumina	11	6,29	Medianamente uniforme / Mal graduado

Fonte: O autor, 2021.

a 400°C; e posteriormente até 1000 °C, a uma taxa de aquecimento de 5°C min⁻¹ até 300 °C e 10°C min⁻¹ até atingir 1000 °C, mantendo um patamar na temperatura máxima de 30 min, seguindo as recomendações de Rilem TC129 MHT [9].

2.6 Ensaios realizados no concreto no estado fresco

2.6.1 ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE (SLUMP)

Foi realizado de acordo com a ABNT NBR 16889.

2.6.2 DENSIDADE OU MASSA ESPECÍFICA APARENTE

O ensaio de massa específica aparente foi realizado de acordo com a Equação 3, segundo a ABNT NBR 9833, em que M_s é a massa da suspensão (g) e V o volume (cm³).

$$[3] \quad \rho = \frac{M_s}{V}$$

2.7 Ensaios realizados no concreto no estado endurecido

Os corpos de prova foram caracterizados no estado endurecido antes da queima pelos seguintes ensaios: absorção de água, massa específica aparente, resistência mecânica à compressão e coeficiente de dilatação. Após queima, foram caracterizados pelos ensaios de resistência mecânica à compressão e microscopia eletrônica de varredura MEV.

2.7.1 ABSORÇÃO DE ÁGUA, POROSIDADE, MASSA ESPECÍFICA REAL E APARENTE

A ABNT NBR 9778 especifica os procedimentos para determinação da absorção de água.

2.7.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A resistência à compressão foi realizada de acordo com ABNT NBR 7215, utilizando uma prensa hidráulica da marca Contenco modelo Pavitest

HD-200T, com velocidade de carga 5 N/s. Os cálculos foram realizados por meio da Equação 4, em que R é a resistência em MPa, P é a carga aplicada em N, e A é a área em mm².

$$[4] \quad R = \frac{P}{A}$$

2.7.3 COEFICIENTE DE DILATAÇÃO

Foi realizada uma análise dilatométrica nas formulações PD e C_{20%}. Foram preparadas amostras a partir dos corpos de prova produzidos. Os mesmos sofreram moagem em moinho de bolas e, em seguida, foram passados na peneira 0,075 mm e prensados em moldes de 6mm de diâmetro por 12mm de comprimento. O ensaio foi realizado em um dilatômetro Netzsch DIL 402PC, com fluxo de ar sintético e vazão de 130 mL/min variando da temperatura ambiente até 1000° C com taxa de aquecimento de 10° C/min.

2.7.4 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

As imagens foram realizadas em corpos de prova da formulação C_{20%}, metalizadas com ouro pela técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), em um microscópio marca Jeol, modelo JSM-6510LV.

2.8 Análise estatística

Os resultados médios e os desvios padrões foram analisados por meio do

Tabela 5
Dosagem dos materiais

Matéria-prima	PD		A ₅		B ₁₀		C ₂₀	
	%	kg/m ³	%	kg/m ³	%	kg/m ³	%	kg/m ³
Cimento	17,00	365,5	17,00	365,5	17,00	365,5	17,00	365,5
Areia	32,08	690,72	30,50	656,18	28,88	621,65	25,69	552,58
Brita	50,94	1096,55	50,94	1096,55	50,94	1096,55	50,94	1096,55
Alumina	—	—	1,60	34,54	3,21	69,07	6,42	138,14
Água	9,8	210,08	8,97	210,08	8,97	210,08	8,97	210,08
Slump	15 ± 2		12 ± 2		10 ± 2		1 ± 2	
Aditivo	Não		Não		Não		Sim — 18%	

Fonte: O autor, 2021; Legenda: PD – padrão.

método estatístico ONE WAY ANOVA, utilizando-se índice de significância de 95% ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização dos corpos de prova no estado fresco

De acordo com a Tabela 6, à medida que a Al_2O_3 substituiu o agregado miúdo até um limite de 10%, o abatimento de cone foi satisfatório para concretagem. Acima de 10%, ocorreu uma redução drástica da trabalhabilidade, devido à finura da Al_2O_3 , o qual favoreceu o aumento da superfície específica demandando maior quantidade de água para conferir trabalhabilidade. Por sua vez, os corpos de prova produzidos, com a formulação C_{20} , formaram buracos no concreto após cura [10]. Com relação à massa específica aparente, não foi observado variações significativas.

3.2 Caracterização dos corpos de prova no estado endurecido

3.2.1 ABSORÇÃO DE ÁGUA

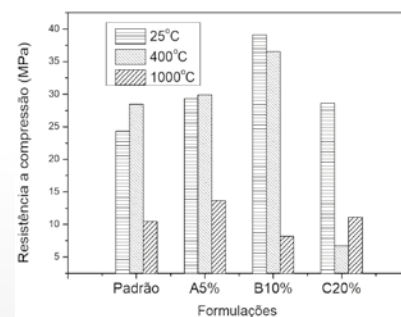
Na Tabela 7, são apresentados os resultados dos ensaios de absorção de água após cura aos 28 dias. À medida que foi substituído o agregado miúdo pela Al_2O_3 , a absorção de água foi diminuindo em relação ao concreto padrão, A (6,7%), B (48%). Esse fato é devido à granulometria da Al_2O_3 mais fina do que a da areia, facilitando o processo de empacotamento, além de favorecer a reatividade, reduzindo a absorção de água. Apesar da absorção de água da formu-

lação (C_{20}) ser baixa, os corpos de prova apresentaram muitos buracos, inviável para uso. Após análise dos resultados utilizando o software ANOVA, o valor de $p > 0,065$ indica que os resultados obtidos apresentam variação e, portanto, são considerados diferentes, ou seja, o teor de alumina aplicado é significativo.

3.3.2 RESISTÊNCIA MECÂNICA À COMPRESSÃO

Na Figura 2, são apresentados os resultados de resistência mecânica à compressão, realizados após cura aos 28 dias. Os dados foram analisados pela ferramenta estatística ANOVA, sendo obtido $p > 0,02$, considerado para dados com diferenças significativas. Foi observado um aumento da resistência mecânica em relação ao concreto de referência, nas formulações A_5 (+20%), B_{10} (+52%) e C_{20} (+20%). Ou seja, a Al_2O_3 até o limite de 10% de substituição, favoreceu a reatividade com o cimento. Na formulação C_{20} , como já explicado, apresentou redução da trabalhabilidade gerando buracos que reduziu a resistência [10].

Em relação aos corpos de prova queimados na temperatura de 400°C, somente foi observado queda na resistência na B_{10} (+5%) em relação a mesma formulação analisada a temperatura ambiente. Esse fato está de acordo com ABNTNBR 15200-2012, que preconiza perda de resistência de 5% na temperatura de 400°C. Por sua vez, na formulação C_{20} , resultou em uma queda significativa de (-79,28%). No caso da formulação C_{20} , essa queda se deve ao processo de delaminação ou descama-



► **Figura 2**
Resistência à compressão antes e após queima

Fonte: O autor, 2021.

ção profunda, que é o destacamento de placas de concreto devido à elevada resistência mecânica do concreto, que dificulta a movimentação das partículas quando aquecido.

O fato pode ser explicado, pois a pasta de cimento começa a sofrer, entre os 200 e 300°C, a perda de água capilar completa, sem que se aprecie ainda alteração na estrutura do cimento hidratado e sem que as resistências diminuam de uma forma considerável. De 300 a 400°C, produz-se a perda de água do gel do cimento, ocorrendo uma sensível diminuição das resistências e parecendo assim as primeiras fissuras superficiais; aos 400°C, uma parte do $Ca(OH)_2$ procedente da hidratação dos silicatos, se transforma em cal viva. Até os 600°C, os agregados que não têm o mesmo coeficiente de dilatação térmica, se expandem fortemente e com diferentes intensidades, dando lugar a tensões internas que começam a desagregar o concreto [11-14].

► **Tabela 6**

Caracterização das formulações no estado fresco

Formulação	Abatimento (cm)	Massa específica aparente (g/cm^3)
PD	15 ± 2	2,42 ± 0,2
A5%	12 ± 2	2,42 ± 0,1
B10%	10 ± 1	2,41 ± 0,2
C20%	1 ± 0,5	2,40 ± 0,2

Fonte: O autor, 2021.

► **Tabela 7**

Caracterização das formulações no estado curado

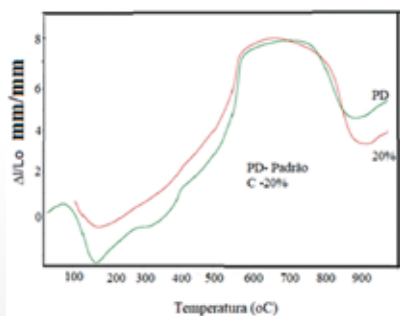
Formulação	Absorção de água (%)
PD	4,5 ± 0,3
A5%	4,2 ± 0,2
B10%	2,3 ± 0,1
C20%	1,0 ± 0,2

Fonte: O autor, 2021.

Na temperatura de 1000 °C, foi observado em todas as formulações a queda da resistência mecânica. O fato se deve ao processo de dissociação dos carbonatos, que favoreceu a fissuração dos concretos [11-14]. Foi ainda evidenciado uma explosão no forno das formulações C_{20%}, provavelmente devido ao elevado adensamento das partículas, dificultando a expansão durante o aquecimento. Sabe-se que os concretos de alta resistência, apresentam maior tendência ao lascamento instantâneo se comparados aos concretos usuais. Isto ocorre devido à sua estrutura compacta de baixa porosidade, o que dificulta o transporte de vapores formados na matriz durante o aquecimento. A pressão destes vapores aumenta excessivamente nas camadas próximas à superfície do concreto, podendo ocorrer estilhaçamento violento da região periférica do elemento estrutural [15-16].

3.3 Coeficiente de dilatação

De acordo com a Figura 3, em ambas as formulações, com o aumento da temperatura, ocorreu uma dilatação. Quando aquecidos, os agregados sofrem expansões que, dependendo da taxa de aquecimento e do tamanho desses agregados, podem ser destrutivas para o concreto [14], pois eles compõem cerca de 70% do material concreto armado. Os concretos compostos por agregados ricos em sílica (granitos, arenitos, gnaisses e alguns xistos) so-



► **Figura 3**
Curva dilatométrica
Fonte: O autor, 2021.

frem “pop outs” (pipocamentos), que são “spalling” de pequenas proporções. Esses estalos com pequenos estilhaçamentos de material são consequentes de expansão térmica súbita que os agregados silicosos sofrem quando próximos a 573 °C: os cristais de quartzo- α transformam-se em quartzo- β [13-14]. Essa mudança de fase é seguida de uma expansão da ordem de 0,85% [13].

A partir de 80°C ocorreu dilatação devido degradação da etringita. Em seguida, foi observada perda de água higroscópica a 100°C e formação de cristais de C-S-H (adsorvida e lamelar) é perdida [11]. Pode-se observar a transformação do quartzo α a 573 °C em ambas as formulações e o início do processo de sinterização a 780 °C na formulação PD e 700°C na formulação C₂₀. A redução da temperatura de sinterização na formulação com C₂₀ se deve, provavelmente, devido a granulometria da Al₂O₃ que favoreceu a reatividade. Foi ainda observado que a retração da formulação PD (3%) ocorreu até 840 °C, quando inicia expansão devido formação de fases cristalinas. Já, na formulação com C₂₀, a retração ocorreu até 880 °C (4%) provavelmente mais reativo.

3.4 Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV

Na Figura 4, é apresentada a MEV da formulação contendo 20% de Al₂O₃ seguido de energia dispersiva EDS no ponto 1. Foi observado a presença de fases cristalinas irregulares, sendo que no ponto 1 a composição era de Si, Ca, característicos do concreto [3].

4. CONCLUSÕES

Ao substituir o agregado miúdo pela Al₂O₃ até o limite de 10% B₁₀, não foram observadas alterações significativas na densidade e abatimento no estado fresco. Já, com a substituição de 20% da Al₂O₃ pelo agregado miúdo, foi observado redução do abatimento, dificultando a conformação dos corpos de prova, gerando buracos que favoreceram a redução da resistência. Esse fato se deve a composição granulométrica mais fina da Al₂O₃, o que confere maior superfície específica da Al₂O₃, necessi-

tando maior quantidade de água para conferir a trabalhabilidade necessária para concretagem.

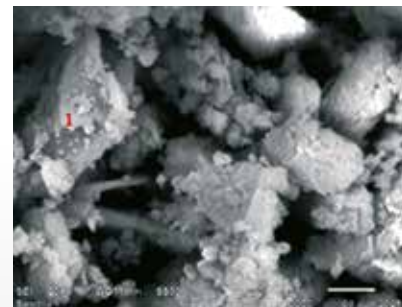
Após cura, foi observado até o limite de substituição B₁₀, o aumento da resistência do concreto e redução da absorção de água, por ser mais fino do que o agregado miúdo, favorecendo a reatividade da mistura e aumento do empacotamento.

Após queima a 400°C, foi observado que, nas formulações A₅ e B₁₀, a resistência permaneceu maior do que a referência, mas sofreu quedas devido a perda da água higroscópica e dissipação de cristais C-S-H, mas suficiente para manter a integridade da estrutura.

Já, após queima a 1000°C, o concreto sofreu fissuras em todas as formulações, e conseqüentemente, uma redução da resistência devido à dissociação dos carbonatos ou ainda devido à taxa de aquecimento ter sido elevada (3°C/min a 5°C/min).

No ensaio de dilatométrica, ficou evidente que a formulação contendo C₂₀, em relação ao padrão PD sofreu maior retração, provavelmente porque deve ter ocorrido reação da Al₂O₃ com os componentes do cimento.

A Al₂O₃ garantiu nas formulações A₅ e B₁₀ a resistência do concreto. Portanto, pode ser utilizada com esse objetivo até o limite de temperatura de 400°C. Conforme análise dilatométrica, a adição de Al₂O₃ acima de 10% ocasionará maior retração e, conseqüentemente, mais rápido colapso do concreto. □



► **Figura 4**
Imagem do concreto contendo 20% Al₂O₃
Fonte: O autor, 2021.

- [1] ROCHA, R. A. Efeito da alta temperatura em concretos: uma revisão da literatura. Interscientia, João Pessoa, v. 6, n. 14, p.211-227, 2018.
- [2] COSTA, C. N.; FIGUEIREDO, A. D.; SILVA, V. P. Aspectos tecnológicos dos materiais de concreto em altas temperaturas. In: NUTAU, 2002.
- [3] VARGAS, M. R.; SILVA, V. P. Resistência ao Fogo das Estruturas de Aço: manual da construção em aço. Rio de Janeiro:Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2003
- [4] SHAO, Q.; ZHENG, K.; ZHOU, X.; ZHOU, J.; ZENG, X. Enhancement of nano-alumina on long-term strength of Portland cement and the relation to its influences on compositional and microstructural aspects. Cem. Concr. Compos. 2019, 98, 39–48.
- [5] LU, Dong *et al.* Effects of combined usage of supplementary cementitious materials on the thermal properties and microstructure of high-performance concrete at high temperatures. Materials, v. 13, n. 8, p. 1833, 2020.
- [6] NAZARI A., RIAHI, Sh, KHADEMNO A., Effects on nano-SiO₂ on mechanical properties of binary blended concrete, To be published, 2010,
- [7] BAREIRO, G. W; SILVA, F. de A.; SOTELINO, E. D.; GOMES, O. da F. M., The influence of alumina content on the chemical and mechanical behavior of refractory concretes fired at different temperatures. V. 187. Elsevier Science Ltd. Rio de Janeiro, Outubro, 2018.
- [8] CAPUTO, H. Mecânica dos solos. Editora Blucher, 2011, São Paulo.
- [9] RILEM TC 129 MHT: Test Methods for Mechanical properties of concrete al high temperatures, Part 9: Shrinkage. 2000.
- [10] GABRICH, M. F.; Estudo da influência das adições minerais no comportamento do concreto sob a ação do fogo. Dissertação. Monografia. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- [11] BENALI, F. Thermo-mechanical characterization of a silica-alumina refractory concrete based on calcined algerian kaolin. Ceramics International. v42, n. 8, p.9703-9711, jun. 2016.
- [12] SILVA, VALDIR PIGNATTA. Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio: conforme ABNT NBR 15200:2012. São Paulo: Blucher, 2012.
- [13] MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 782 p., 2014.
- [14] COSTA, C. N.; FIGUEIREDO, A. D.; SILVA, V. P. Aspectos tecnológicos dos materiais de concreto em altas temperaturas. In: NUTAU, 2002
- [15] ISAIA, G. C. Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações (Vol. I). São Paulo: IBRACON. 2005.
- [16] ANDERBERG, Yngve. “Spalling Phenomena of HPC and OC”. In: PHAN, Long T.; CARINO, Nicholas J.; DUTHINH, Dat; GARBOCZI, Edward. International Workshop on Fire Performance of High-Strength Concrete — NIST — Gaithersburg, MD, February 13-14, 1997. Proceedings. NIST. Gaithersburg (E.U.A.), February, 1997. [NIST Special Publication 919]

Prática Recomendada IBRACON/ABECE

Projeto de Estruturas de Concreto Reforçado com Fibra



Elaborada pelo CT 303 – Comitê Técnico IBRACON/ABECE sobre Uso de Materiais Não Convencionais para Estruturas de Concreto, Fibras e Concreto Reforçado com Fibras, a *Prática Recomendada* é um trabalho pioneiro no Brasil, que traz as diretrizes para o desenvolvimento do projeto de estruturas de concreto reforçado com fibras.

Baseada na *fib Mode Code 2010*, a *Prática Recomendada* estabelece os requisitos mínimos de desempenho mecânico do CRF para substituição parcial ou total das armaduras convencionais nos elementos estruturais e indica os ensaios para a avaliação do comportamento mecânico do CRF.

Aquisição

www.ibracon.org.br
(loja virtual)

DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-26-8

Edição: 1ª edição

Formato: Eletrônico

Páginas: 39

Acabamento: Digital

Ano da publicação: 2016

Coordenador: Eng. Marco Antonio Carnio

Patrocínio



Pode confiar

