

CONCRETO COM FIBRAS DE POLIPROPILENO SUBMETIDO A TESTES DE ALTA TEMPERATURA

João Guilherme de Pina Matos

Centro Universitário de Ceres - UniEVANGÉLICA. joaoguilhermepinamatos@gmail.com

Thiago Silva Campos

Centro Universitário de Ceres - UniEVANGÉLICA. thiago.s.c.666@gmail.com

Jéssica Nayara Dias

Centro Universitário de Ceres – UniEVANGÉLICA. jessicadias.engenharia@gmail.com

Resumo

Entre as tendências atuais de pesquisa no setor da construção civil está a busca por melhoria nos materiais e métodos existentes, e, nesse contexto, o material mais utilizado, que é o concreto, vem sendo associado a outros buscando a melhoria em suas propriedades físicas e mecânicas. Nesse estudo em particular, a fibra a ser empregada é a de polipropileno, que é um material inerte, que não absorve água, não enferruja e é imputrescível. Este trabalho visou a realização de um levantamento de dados por meio de ensaios laboratoriais, que foram realizados no centro tecnológico da Universidade Evangélica de Anápolis, buscando determinar a influência que a adição de fibra de polipropileno causa no concreto quando submetidos as temperaturas de incêndio, averiguando como a exposição as altas temperaturas afeta a resistência a compressão do concreto. Para sua realização foram utilizadas fibras de polipropileno de 6mm, como adição ao concreto, feita de forma desordenada, sendo as adições de 0,5%, 0,75% e 1%, o concreto foi produzido com Cimento Portland Tipo - CP-V ARI, brita 1, areia natural (média fina) e água da rede de abastecimento da cidade de Anápolis, os materiais foram misturados em uma betoneira com capacidade para 250 litros e foi utilizado um forno elétrico com controlador automático de temperatura digital para aquecer os corpos de prova as temperaturas de 300°C, 600°C e 900°C. Os resultados obtidos foram que os corpos de prova com adição de 0,5% de fibras de polipropileno apresentaram maior resistência a compressão a temperaturas de 300°C, todavia em temperaturas de 600°C os corpos de prova com adição de 0,75% de fibra foram os mais efetivos. Juntamente com isso, obteve-se que nos ensaios à 900°C, os corpos de prova de 0,5% e 0,75% demonstraram um comportamento superior aos de referências.

Palavras-Chave: Fibras de polipropileno; temperaturas; concreto com adição; resistência térmica

1 Introdução

A humanidade descobriu vários elementos que contribuíram para o seu desenvolvimento, entre eles o fogo, que representou um marco para o desenvolvimento das civilizações. No entanto, conforme Feldens (2018) [1], com ele surgiram desafios para controlá-lo em benefício próprio, uma vez que fora de controle pode atingir níveis devastadores.

Uma das situações mais preocupantes da Engenharia Civil são os incêndios. Estudos tentam mostrar o comportamento dos diversos materiais construtivos quando submetidos a essas temperaturas alarmantes. Nesse sentido, busca-se encontrar materiais que em conjunto ao concreto possam aumentar sua resistência a altas temperaturas, de modo a evitar e/ou prorrogar o colapso da estrutura em situações de incêndio e assim permitir um maior tempo para tomada de decisões, o que conseqüentemente irá possibilitar a retirada de mais pessoas da edificação que está submetida ao incêndio.

De acordo com Wafa (1990) [2] a utilização de fibras em dosagens corretas, proporcionam um aumento na resistência e na ductilidade do concreto, quando se incorpora algum material à matriz do mesmo, tem-se o que se chama de compósito cimentício. As fibras nos concretos fornecem uma diminuição no surgimento de fissuras originadas pela retração plástica do mesmo. De acordo com Mehta e Monteiro (2014) [3] a adição de fibras faz com que o concreto não se rompa imediatamente a partir do início de sua primeira fissura, ocorrem diversas fissuras menores que aumentam de tamanho gradativamente devido ao arrancamento ou escorregamento da fibra.

O concreto é projetado para atender a parâmetros mínimos em situações de incêndios, que são descritos na NBR 14432 (ABNT, 2001), dentre estes parâmetros há o tempo pelo qual a estrutura deve garantir a segurança das pessoas na edificação em relação a um incêndio padrão (YAZIGI, 2008) [4]. De modo geral, o concreto pode passar por dois tipos de resfriamento: o lento, onde a estrutura tem a queda de sua temperatura de forma gradativa após o fogo cessar, ou o brusco, onde joga-se água na estrutura forçando seu resfriamento. Acredita-se que a adição de fibras como reforço a matriz do concreto, possa aumentar a resistência do material e elevar esse tempo para padrões seguros.

Nesse estudo em particular, a fibra a ser empregada é a de polipropileno, que é um material inerte, que não absorve água, não enferruja e é imputrescível, de acordo com Rodrigues (2002) [5]. Em relação a outros polímeros, o polipropileno possui um baixo custo, é de fácil manuseio e não apresenta riscos relacionados a saúde dos operários (ARTHUR, 2012) [6], possuindo assim os requisitos mínimos para ser testado como um novo material para a Engenharia Civil.

2 Metodologia

Foi avaliado e quantificado a resistência do concreto à compressão, submetido a altas temperaturas, por meio experimental. Utilizou-se corpos de prova cilíndricos de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, especificados na NBR 5738 (ABNT, 2015), em forno JUNG no qual foram analisadas as reações e as influências que os níveis de temperatura, modos de resfriamento e o tempo de exposição ao calor causaram nas amostras.

Para produção do concreto utilizou-se, agregados graúdos (brita 01), agregados miúdos (Areia Natural Média fina), polipropileno (6mm), cimento Portland Tipo - CP-V ARI e água da rede de abastecimento da cidade de Anápolis- GO. O traço utilizado no programa experimental foi definido a partir do método ABCP (Associação Brasileira Cimento Portland). A dosagem foi definida de modo a atingir os 25 MPa aos 28 dias. O traço em massa do concreto produzido foi de 1:1,58:2:0,49 (cimento:areia:brita:água). As dosagens de fibras adicionadas foram de 0,5% 0,75% e 1% em função do total de concreto usado em cada lote.

Após o concreto pronto, realizou-se o *Slump Test*, conforme a NBR NM 67:1998 (Determinação da consistência do concreto pelo abatimento do tronco do cone) e em seguida foram moldados os corpos de prova através do adensamento manual, foram moldados um total de 144 corpos. Os tempos de cura determinados para os experimentos são de 7, 14 e 28 dias, sendo que os grupos foram submetidos aos testes descritos na tabela 1.

Tabela 1. Esquemática dos ensaios em altas temperaturas

Nível de temperatura	Tempo de exposição	Resfriamento
300°C	30 min	Lento
		Brusco
	45 min	Lento
		Brusco
600°C	30 min	Lento
		Brusco
	45 min	Lento
		Brusco
900°C	30 min	Lento
		Brusco
	45 min	Lento
		Brusco

Fonte: Próprios autores, 2021

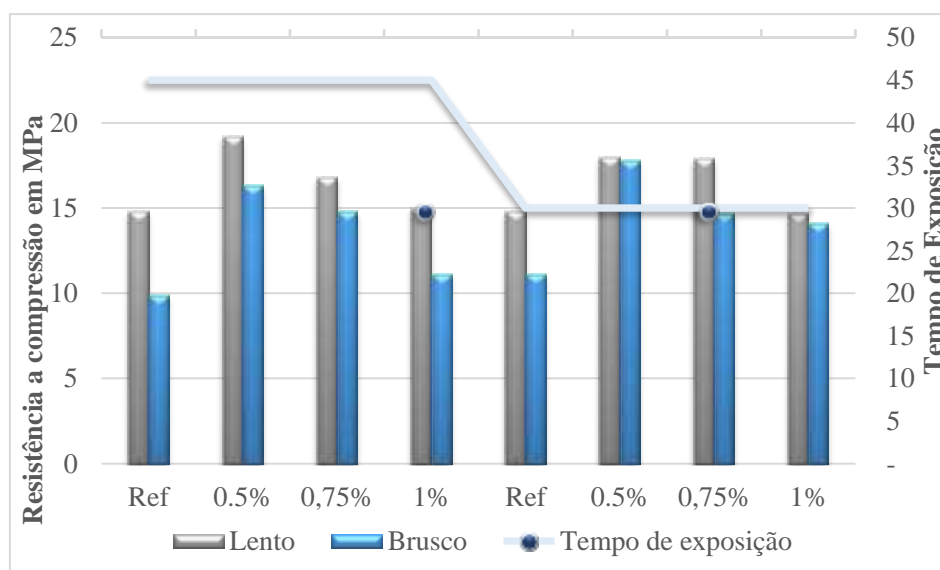
Por meio do ensaio de compressão axial, realizados na prensa hidráulica monitorada por computador, regido pela NBR 5739 (ABNT, 1993), foi possível quantificar as resistências mecânicas do concreto reforçado com diferentes quantidades de fibras de polipropileno. Os resultados foram analisados mediante a média aritmética correspondente a cada grupo de corpos de prova e comparados entre si.

3 Resultados e discussão

3.1 Análise de Resistência à compressão aos 7 dias

O Gráfico 1 apresenta os resultados dos corpos de prova que foram submetidos à temperatura de 300°C. Os 4 traços foram resfriados lenta e bruscamente, e passaram por dois tempos de exposição: 30 e 45 minutos. A média geral dos resultados obtidos foi de 15,06 MPa.

Gráfico 1: Resistência dos corpos de prova aos 7 dias submetidos a 300°C



Fonte: Próprios autores, 2021

Após a análise do Gráfico 1, observa-se que os corpos de prova de referência apresentam valores médios de resistência à compressão inferior em relação a todos os outros traços com adição de fibras. As maiores resistências médias encontradas são referentes a adição de 0,5% de fibra de polipropileno. É possível

observar ainda a influência do método de resfriamento para a resistência final do concreto, onde os corpos de prova que sofreram resfriamento lento apresentaram maior resistência média em detrimento daqueles que passaram pelo resfriamento brusco.

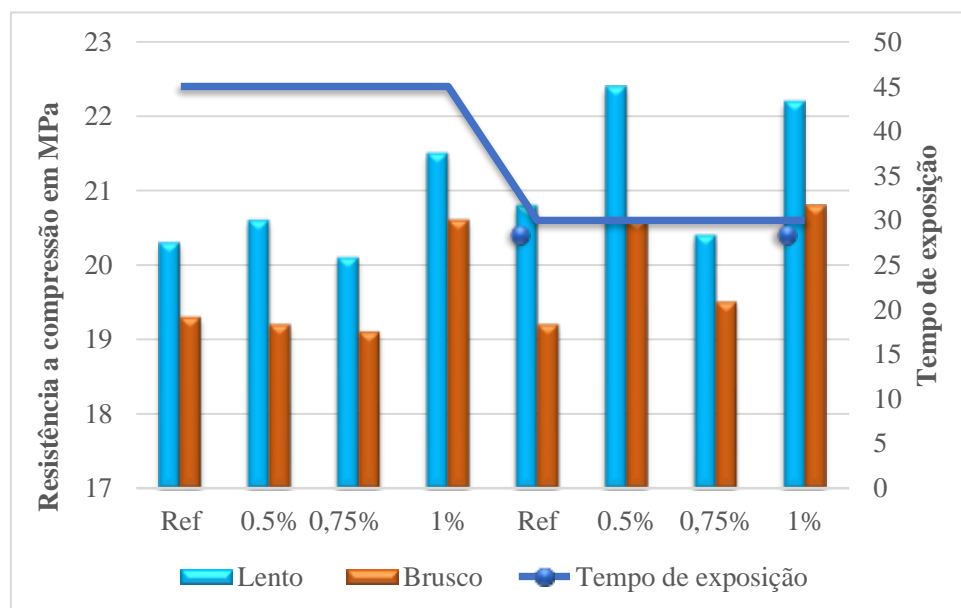
Nos ensaios de 600°C, observa-se que os corpos com adição de 0,5% e 0,75% apresentaram valores de resistência à compressão maior que os de referência. No entanto os corpos de prova com adição de 1% de fibra, tiveram resultados inferiores. Em comparação com os resultados obtidos para a temperatura de 300°C, pode-se notar uma evidente queda na resistência, onde a média de para 600°C foi de 12,37 MPa, representando uma queda média de 17,86% em relação ao resultado obtido para 300°C.

Foi realizada, nas mesmas condições dos ensaios anteriores, a submissão dos corpos de prova a temperatura de 900°C, em contraste, o concreto que apresentou maiores valores de resistência quando submetidos a temperaturas de 900°C foi o de referência, com média de 6,73 MPa de resistência a compressão. Junto a isso, a menor média, dentre os corpos ensaiados, foi a de 1% de fibra apresentando um valor de 3,8 MPa de resistência média. Essa redução pode ser explicada pela baixa fluidez apresentada pela mistura, o que provocou o adensamento ineficiente dos corpos de prova, além da formação de “ninhas” de fibra de rami (BORGES; MOTTA; PINTO, 2019) [7].

3.2 Análise de Resistência à compressão aos 14 dias

Aos 14 dias o concreto apresenta 90% de sua resistência final, permitindo obter-se resultados conclusivos referentes a evolução da resistência do mesmo. Para essa idade, o Gráfico 4 apresenta os resultados obtidos do ensaio de resistência à compressão uniaxial.

Gráfico 2. Resistência dos corpos de prova aos 14 dias submetidos a 300°C



Fonte: Próprios autores, 2021

No Gráfico 4 é possível notar que existe uma relação direta do tempo de exposição com a queda da resistência, onde os corpos de prova submetidos a 45 minutos, às temperaturas de 300°C, apresentam valores inferiores de resistência, comparados a aqueles submetidos apenas a 30 minutos. Além disso, fica evidente a diminuição da resistência dos corpos de prova quando passam pelo processo de resfriamento brusco, apresentando valor médio de 19,79 MPa, sendo 5,94% menor, comparados ao valor médio dos corpos que passaram pelo processo de resfriamento lento. Destacam-se as amostras com adição de 0,5% e 1% que apresentam um desempenho superior comparadas as demais, quando expostas durante 30 minutos a 300°C.

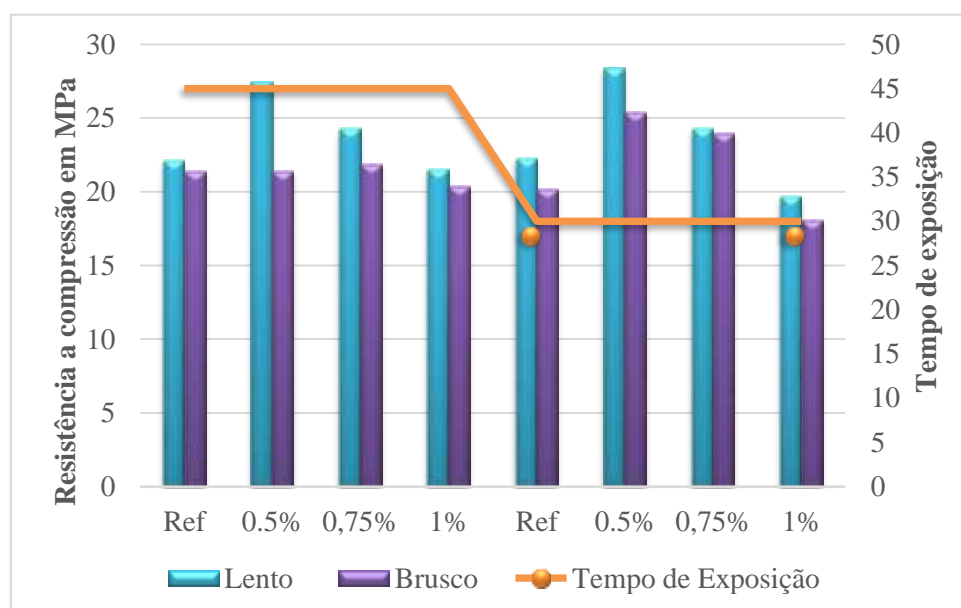
Aos 600°C, houve uma diminuição da média da resistência à compressão, considerando o tipo de resfriamento. Nesta temperatura, ocorre no concreto a perda da água livre e da água contida no gel do cimento, provocando, como consequência, um alto grau de fissuração superficial (SOUZA E MORENO JR, 2010) [8]. Em consonância com esse fator, nota-se que os corpos de prova com adição, no geral, apresentaram um melhor resultado comparados aos de referência, principalmente aqueles com o tempo de exposição de 30 minutos, a adição de 1% apresentou a maior resistência dentre os traços ensaiados. Isso pode ser explicado devido a capacidade das fibras de criarem pontes de tensões que minimizem as fissurações do concreto.

Nos ensaios a 900°C, nota-se o aumento geral da resistência dos corpos de prova aos 14 dias, comparados aos de 7 dias, apresentando um aumento de cerca de 19,96% de resistência a compressão, confirmando que aos 14 dias há uma elevação da resistência média do concreto. Todavia, nos ensaios realizados aos 7 dias, os corpos de referência apresentaram um melhor desempenho. Nesse ensaio os corpos com 0,75% de adição se mostraram bastante eficientes. Carvalho e Cabral (2018) [9], observaram que a fibra de polipropileno não exerce influência significativa na resistência à compressão à temperatura ambiente, enquanto que no mesmo concreto, submetido a 900°C, a presença da fibra apresenta uma interferência significativa na resistência residual.

4.3 Análise de Resistência à compressão aos 28 dias

Aos 28 dias têm-se o comportamento real que o concreto irá apresentar em situações de campo. Para essa idade, o Gráfico 3, expressa a resistência à compressão obtida após a exposição dos corpos de prova.

Gráfico 3. Resistência dos corpos de prova de 28 dias a 300°C



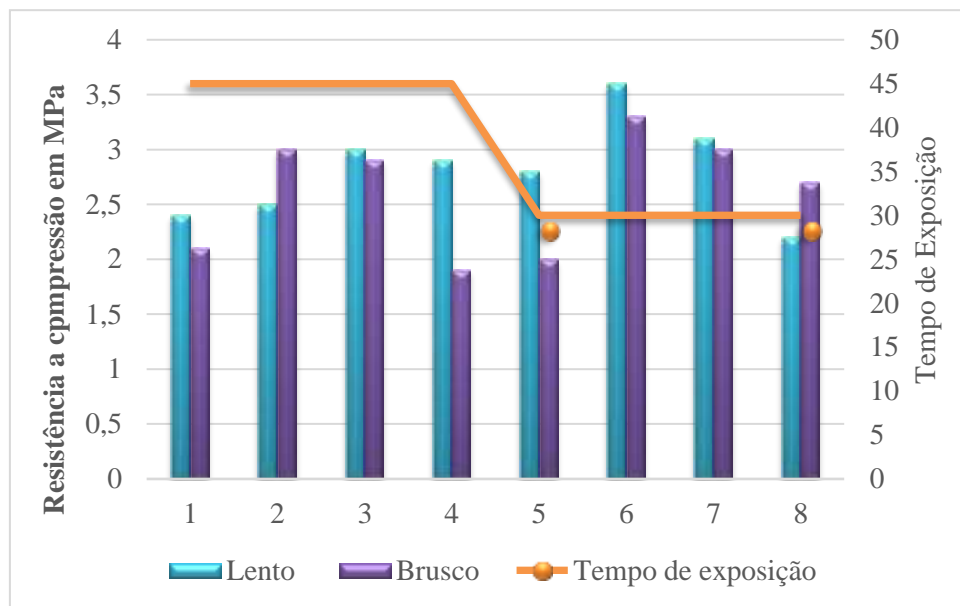
Fonte: Próprios autores, 2021

As amostras com adição de 0,5% e 0,75% apresentaram valores de resistência superiores aos de referência, em contrapartida os corpos de prova com adição de 1% tiveram resultados inferiores. O fator tempo de exposição não teve a mesma influência na perda da resistência, comparado aos ensaios realizados aos 7 e 14 dias. Além disso, a resistência média geral dos corpos de prova, foi de 22,68 MPa, o que representa um aumento de 50,59% da resistência a compressão média, comparado ao ensaio realizado com 7 dias.

Os corpos de prova submetidos a 600°C em detrimento aqueles submetidos a 300°C apresentaram queda na resistência. Lima (2005) [10] afirma que quando se faz essa análise para temperaturas superiores a 600°C, o concreto fica vulnerável há um acréscimo no tamanho e na quantidade de poros existentes, o que promove essa queda na resistência à compressão.

Por fim, o Gráfico 4 apresenta os resultados obtidos para os corpos de prova a 900°C. Os testes de compressão nesses corpos de prova foram realizados 3 dias após seu aquecimento em forno, diferente de todos os outros testes apresentados, que foram 24 horas após. Isso aconteceu devido a suspensão das atividades laboratoriais em decorrência da COVID-19. Por esse motivo, observa-se que o padrão de resultados não foi mantido, o que é evidenciado pela análise do gráfico apresentado.

Gráfico 4. Resistência dos corpos de prova de 28 dias a 900°C



Fonte: Próprios autores, 2021

Para esse caso, os corpos de prova apresentaram uma queda acentuada de sua resistência à compressão, o que levou a diminuição da média geral da resistência que vinha sendo obtida. A resistência média foi de 2,72 MPa, valor esse que é 56,23% menor quando comparado com as amostras de 900°C ensaiadas aos 14 dias. Todavia, apesar dos problemas, os corpos com adição demonstram comportamento superior aos de referência, onde as adições de 0,5% de fibra de polipropileno apresentam uma resistência média de 3,1 MPa, sendo esse valor 24,84% maior que o valor médio da resistência a compressão dos corpos de referências.

4 Conclusão

De modo geral, os resultados obtidos para os corpos de prova com adição de fibras de polipropileno foram bastante promissores, em todas as temperaturas estudadas, obtendo médias de resistência à compressão superiores quando comparadas àquelas obtidas para o concreto de referência. Uma justificativa para tal resposta é o fato de as fibras de polipropileno serem comumente utilizadas para combater o spalling, que é o lascamento de camadas ou pedaços de concreto quando exposto a elevadas temperaturas, devido o seu baixo ponto de fusão (da ordem de 120°C). Quando o concreto ultrapassa essa temperatura, a fibra se funde e abre vazios no concreto, esses vazios comportam os vapores d'água (CARVALHO; CABRAL 2018) [9].

Conclui-se que a adição de fibra de polipropileno influencia positivamente na capacidade do concreto de manter sua resistência quando exposto a situações de incêndio, no entanto a dosagem de fibras é um fator essencial, onde o concreto com adição de 0,5% e 0,75% apresentam resultados expressivos, em contra partida as amostras com 1% de fibra de polipropileno apresentam resultados bastantes similares aos corpos de prova sem adição, determinando assim que fibra em excesso, não tem resultados expressivos nas atribuições de qualidade do concreto, por comprometer diretamente a trabalhabilidade e coesão do mesmo.

Referências

- [1] LEOPOLDO FELDENS / **O homem, a agricultura e a história** - Lajeado: Ed. UNIVATES, 2018.
- [2] WAFI, F. F. Properties and Applications of Fiber Reinforced Concrete. **Engineering Science**, v. 2, n. September, p. 49–63, 1990.
- [3] MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2008. 674 p.
- [4] YAZIGI, Walid. **A técnica de Edificar** 9. ed. São Paulo: Pini: SINDUSCON, 2008.
- [5] Públío P. F. Rodrigues e Julio P. Montardo **A Influência da Adição de Fibras de Polipropileno nas Propriedades dos Concretos para Pisos e Pavimentos** 44º Congresso Brasileiro do Concreto/Ibracon - 17 a 22 de agosto de 2002
- [6] ARTHUR, M. **Estudo do comportamento à fadiga em compressão do concreto com fibras** PUC Rio de Janeiro Dezembro de 2012 Cap. 1 p. 23.
- [7] BORGES, Ana Paula Silva Nascentes; MOTTA, Leila Aparecida de Castro; PINTO, Eliane Bernardes. **Estudo das propriedades de concretos com adição de fibras vegetais e de polipropileno para uso em paredes estruturais. Matéria (Rio de Janeiro)**, [S.L.], v. 24, n. 2, p. 1-29, 2019. FapUNIFESP (SciELO)
- [8] SOUZA, A. A. A., MORENO JR, A. L. "Efeito de altas temperaturas na resistência à compressão, resistência à tração e modulo de deformação do concreto", *Revista Ibracon de Estruturas e Materiais*, v. 3, n. 4, pp. 432-448, 2010. [46] CASTRO, A. L
- [9] CARVALHO, E. F. T. **Contribuição ao estudo da resistência residual do concreto submetido ao tratamento térmico padrão para situações de incêndio**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2001.
- [10] LIMA, Rogerio Cattelan Antocheves De. **Investigação do comportamento de concretos em temperaturas elevadas**. 2005. 257 f. Tese (Doutorado em Cosntrução) – Programa Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.