

## **Comportamento mecânico de prismas grauteados frente a altas temperaturas: auxílio à futura normatização.**

Bruna Santos de Bittencourt (1), Prof. Dra. Elaine Guglielmi Pavei Antunes (2).

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1) [brunabittencourt@unesco.net](mailto:brunabittencourt@unesco.net), (2) [elainegpa@unesco.net](mailto:elainegpa@unesco.net)

**Resumo:** Com a difusão dos conhecimentos relativos ao sistema de alvenaria estrutural, o mesmo vem ganhando força no mercado nacional. Essa expansão fortalece a necessidade por normas balizadoras para uma construção segura e eficaz. A existência de uma normatização referente à alvenaria estrutural em situação de incêndio faz-se necessária para garantir segurança do usuário contra incêndio, principalmente no que se refere aos pontos de grauteamento na alvenaria, já que os mesmos são introduzidos em locais com maiores solicitações de carga, dessa forma uma má aderência do conjunto pode levar a ruína da edificação. Nesse contexto o objetivo desta pesquisa consiste em analisar o comportamento mecânico e relação de aderência de prismas grauteados executados com blocos cerâmicos estruturais após exposição às altas temperaturas. Para tal, caracterizaram-se os materiais utilizados e foram moldados 12 prismas e 24 corpos de prova cilíndricos de 100x200 mm de graute que foram expostos a temperatura ambiente, 300 °C, 600 °C e 900 °C. Posteriormente fez-se a inspeção visual dos prismas e corpos de prova de graute, além dos ensaios quanto à resistência à compressão e calorimetria diferencial de varredura (DSC). Os resultados obtidos através do ensaio de resistência a compressão dos prismas e grautes foram analisados através da estatística de variância (ANOVA), no qual para os prismas não obteve-se diferença significativa entre os resultados, entretanto para as amostras de graute houve perdas significativas. A interface bloco/graute apresentou microfissuras a 300°C, que foram acentuadas a cada nova faixa de exposição. A aderência do conjunto se mostrou comprometida já a 300°C.

**Palavras-chave:** alvenaria estrutural; situação de incêndio; aderência; análise experimental.

### **Mechanical behavior of grit prisms to high temperatures: aids future standard.**

**Abstract:** With the diffusion of knowledge related to the structural masonry system, it has been gaining strength in the national market. This expansion strengthens the need for guiding standards for safe and effective construction. The existence of a standard regarding structural masonry in fire is necessary to ensure the safety of the user against fire, especially regarding the grouting points in the masonry, as they are introduced in places with higher load demands, in this way, a poor adherence of the assembly can lead to the ruin of the building. In this context the objective of this research is to analyze the mechanical behavior and adherence of grouted prisms executed with structural ceramic blocks after exposure to high temperatures. For this purpose, the materials used were characterized and 12 (twelve) prisms and 24 (twenty four) cylindrical specimens of 100x200 mm grout were exposed to room temperature, 300 ° C, 600

° C and 900 °. W. Subsequently, visual inspection of the prisms and grout specimens was performed, as well as tests for compressive strength and differential scanning calorimetry (DSC). The results obtained through the compressive strength test of prisms and grouts were analyzed by analysis of variance (ANOVA), in which for the prisms no significant difference was obtained between the results, however for the grout samples there were significant losses. The block / grout interface presented micro cracks at 300 ° C, which were accentuated with each new exposure range. The adhesion of the set was already compromised at 300 ° C.

**Keywords:** structural masonry; fire situation; adherence; experimental analysis.

## Introdução

A alvenaria estrutural é empregada na construção civil do Brasil desde a década de 1960, entretanto sua maior expansão e aceitação ocorre nos últimos anos e, tal fato deve-se ao aprimoramento das técnicas relativas ao sistema, à elaboração de normas e pesquisas e o uso de conceitos como racionalização e compatibilização no mesmo (PARSEKIAN et al., 2013).

O uso de alvenaria estrutural pode trazer muitos benefícios, sendo que um dos principais refere-se ao fato de que um único elemento pode cumprir várias funções, entre elas, de estrutura, subdivisão de espaços e proteção ao fogo (AL NAHHAS, et al. 2007).

Em vista das exigências estruturais ao sistema construtivo é que são inseridos pontos de grauteamento com aço para armadura na alvenaria. O graute é um micro concreto auto adensável que é normalmente incorporado em locais onde existem maiores solicitações de cargas, buscando assim aumentar a resistência no local, e solidarizar a armadura à alvenaria. Para que o graute atenda de forma adequada sua função, é necessário que o mesmo preencha completamente os furos e não apresente retração a ponto de provocar o descolamento do graute das paredes internas dos blocos, conforme preconiza a NBR 15812-2: 2010.

Estudos realizados por Izquierdo (2015), Fisher (2016) e Sipp (2019) em busca de compreender a relação de aderência do conjunto bloco/graute mostram que o graute na alvenaria funciona como um enrijecedor estrutural, além de suprir as deficiências locais de argamassa e auxiliar na distribuição de esforços.

A solidarização na distribuição dos esforços deve manter-se estável durante todas as condições de exposição da edificação para que, assim, mantenha-se a integridade estrutural da mesma, inclusive em situações de incêndio, tendo em vista que este se refere a um dos requisitos de usuários previsto na NBR 15575: 2013, segurança contra incêndio.

Os objetivos gerais da proteção contra incêndios, são limitar os riscos em relação ao indivíduo e sociedade, propriedade vizinha e, quando necessário, propriedade diretamente exposta, no caso de fogo (EUROCODE 6, 2005). Assim, a estrutura depende de como cada



material que a compõe responderá isoladamente e em conjunto quando exposto a situação de incêndio. A resistência ao fogo de um material caracteriza-se pela capacidade de confinar um incêndio ou, quando exposto ao fogo, continuar a executar uma determinada função estrutural, ou ambas (ACI/TMS 216.1, 2007).

O estudo das propriedades térmicas e mecânicas dos blocos para alvenaria estrutural sob altas temperaturas e do conjunto parede estrutural, mostra-se necessária para conduzir uma futura norma e determinar um tempo de fuga seguro aos usuários (LEITE, et al.2016).

Segundo Igham (2009) edificações de alvenaria estrutural com bloco cerâmico expostas a temperaturas na ordem de até 300°C não sofrem danos estruturais, mas apresentam uma mudança de coloração, já quando a mesma é submetida a temperaturas entre 600°C e 800°C ocorre redução progressiva em sua resistência a compressão.

Conforme Ayala (2010) para avaliar o comportamento do bloco estrutural a altas temperaturas, é importante levar-se em consideração o formato e o material, pois estes influenciam diretamente no comportamento do bloco frente às temperaturas, como por exemplo, o uso de blocos vazados, pois dificultam a passagem de calor.

Ainda segundo Thomaz e Helene (2000) para que as paredes de alvenaria possuam um bom desempenho ao fogo, deve-se conhecer características como condutibilidade térmica e a porosidade dos materiais nela empregado. Os blocos cerâmicos ocupam grande parte do mercado da construção civil em diversos países, devido ao baixo custo e também por possuírem menor condutividade térmica em relação ao bloco de concreto. Dessa forma Nguyen e Meftan (2014) sugerem que o uso de blocos cerâmicos possa ser uma solução no aumento de resistência ao fogo.

Ainda, contudo não há um estudo específico da relação de aderência entre o bloco e o graute nos pontos de projeto onde ocorrem as maiores solicitações de carga, e por esse motivo faz-se a exigência do grauteamento.

Nesse contexto, é de suma importância conhecer a relação de aderência do conjunto, graute e bloco, frente a altas temperaturas, pois, é necessário que haja uma boa aderência para um resultado satisfatório do sistema, sabendo-se que em uma situação de incêndio devido às dilatações térmicas distintas de cada material eles tendem a se separar.

Portanto, o objetivo deste trabalho consiste em analisar o comportamento mecânico e a relação de aderência de prismas grauteados executados com blocos cerâmicos estruturais, após exposição às altas temperaturas.

## Materiais e métodos

Para a realização do estudo, o procedimento experimental foi dividido em três grandes etapas, tais como, caracterização, execução e exposição a altas temperaturas. Sendo essas, subsidiadas por etapas complementares, como pode ser visualizado através do fluxograma da Figura 1.

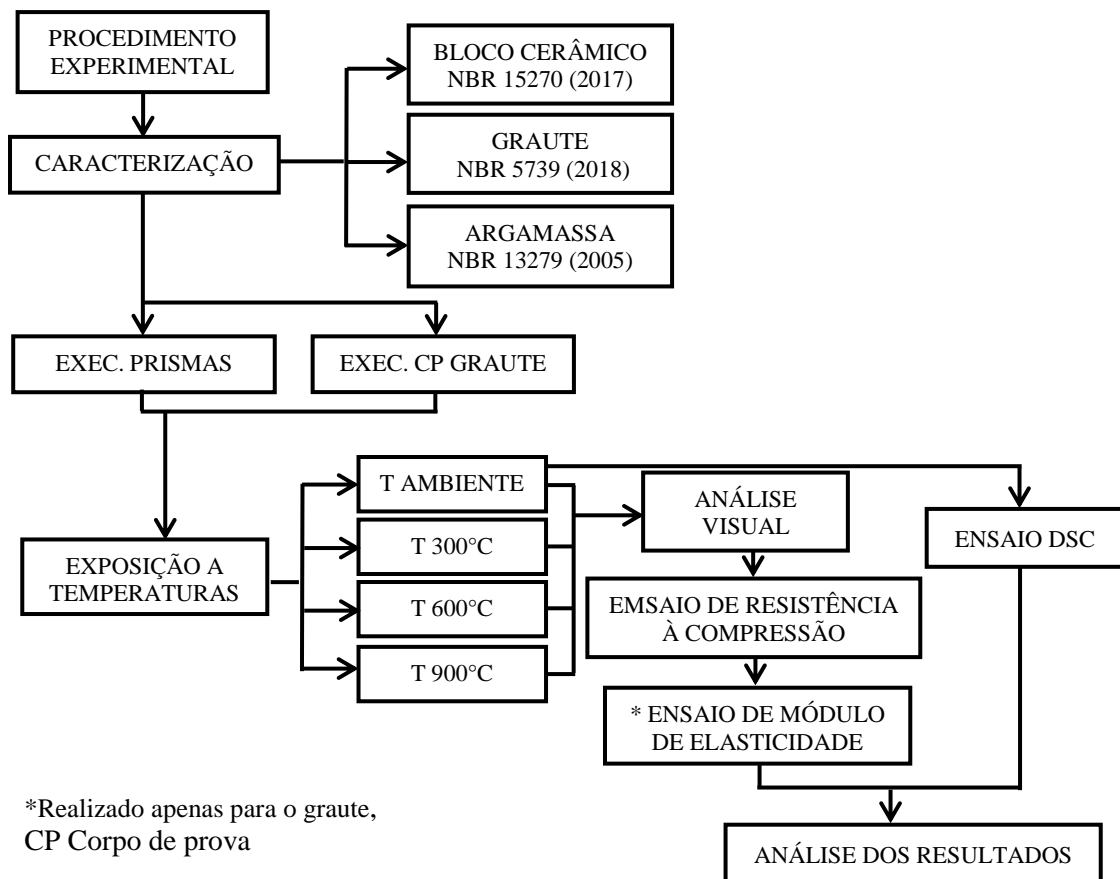


Figura 1. Fluxograma do procedimento experimental.

A NBR 15270: 2017 parte 1 e 2 estabelecem os requisitos e métodos de ensaio para caracterização dos blocos cerâmicos estruturais. Conforme a normativa os blocos não devem apresentar defeitos, como quebras, além de atenderem os requisitos de geometria, características físicas e propriedades mecânicas estabelecidos pela mesma.

Para caracterização do graute foram moldados 6 (seis) corpos de prova cilíndricos 100x200 mm segundo a NBR 5738: 2016 bem como para o procedimento de cura seguiu a mesma norma. O procedimento adotado para realização do ensaio mecânico à compressão seguiu as prescrições da NBR 5739: 2018, para tal foram utilizados 3 (três) corpos de prova, e

com os outros 3 (três) determinou-se o módulo de elasticidade de acordo com a NBR 8522: 2017. Além destes, foram moldados mais 18 (dezoito) corpos de prova cilíndricos 100x200 mm para verificar a resistência a compressão e módulo de elasticidade após exposição a altas temperaturas.

A argamassa de assentamento utilizada na execução dos primas teve sua resistência à compressão verificada através dos ensaios prescritos na NBR 13279: 2005.

Ambos os materiais, graute e argamassa de assentamento, são industrializados, dessa forma a quantia de água adicionada as misturas seguiram o sugerido pelos fabricantes.

Os corpos de prova tipo prisma foram executados segundo a NBR 15812 -3: 2017. Assim, a aplicação de argamassa foi realizada em toda a área líquida do bloco, e o assentamento do próximo bloco fez-se de modo a não provocar movimentação horizontal brusca. O graute foi introduzido ao conjunto após 24 h do assentamento, como apresentado na Figura 2 moldagem dos prismas.

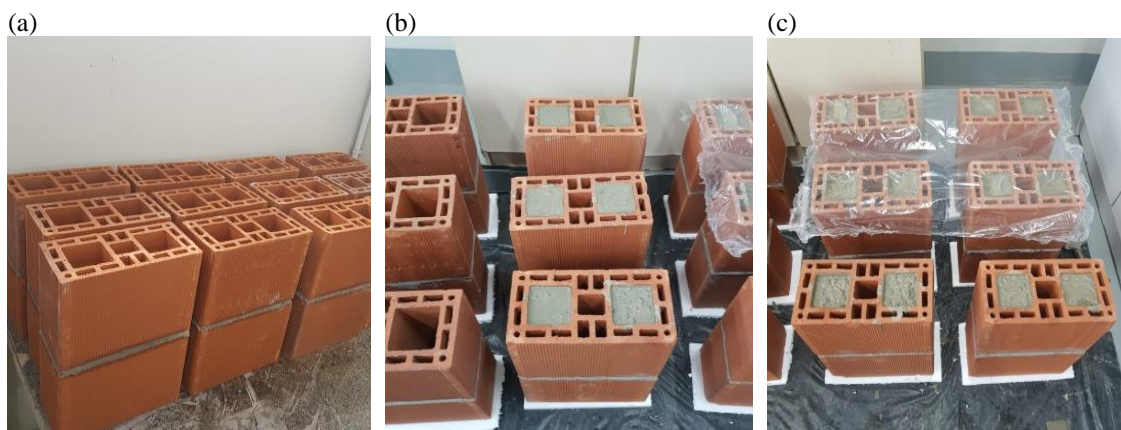


Figura 2. Moldagem dos prismas: (a) assentamento, (b) grauteamento, (c) proteção dos prismas

Depois de concluída sua execução esperou-se o tempo de cura de 28 dias do graute para então iniciar os ensaios específicos desta pesquisa.

A exposição dos prismas e dos corpos de prova de graute ocorreram em um forno Mufla com controle digital, disponibilizado pelo Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC) do IParque – UNESC. A Figura 3 apresenta os prismas e graute sendo inseridos na mufla.



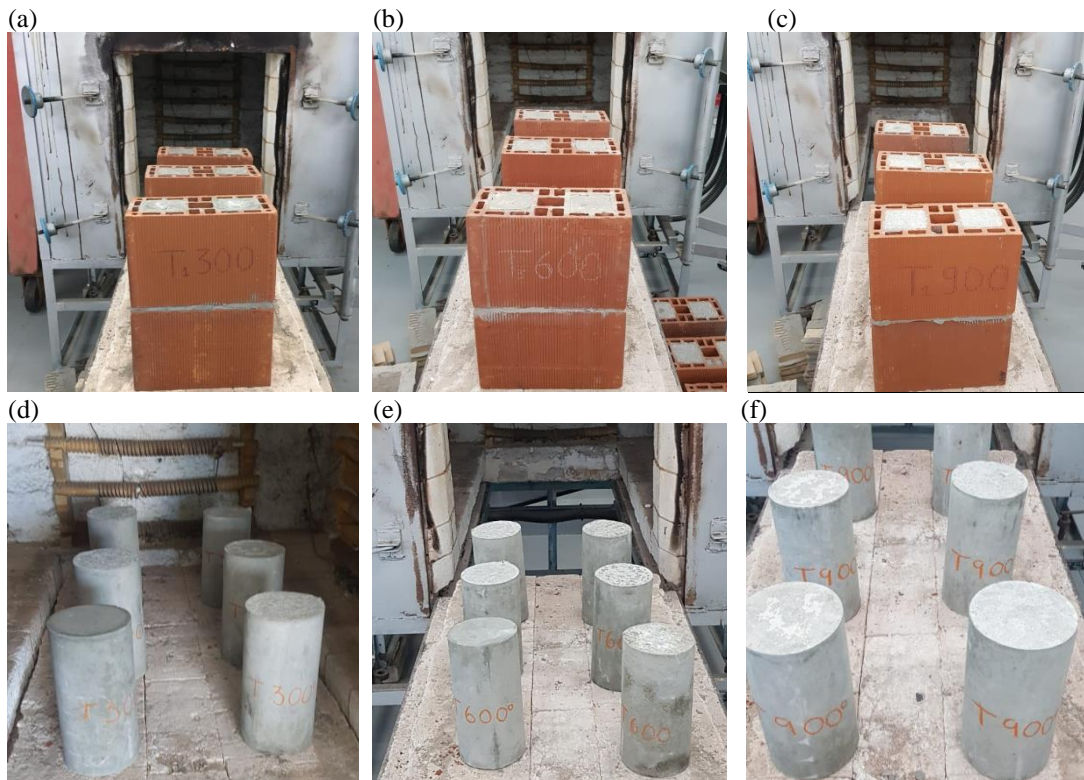


Figura 3. Primas e CP de graute 100x200 mm sendo inseridos na Mufla: (a) primas expostos a 300 °C, (b) primas expostos a 600 °C, (c) primas expostos a 900 °C, (d) grautes expostos a 300°C, (e) grautes expostos a 600°C e (f) grautes expostos a 900°C

Os primas e os corpos de prova de graute foram introduzidos no equipamento e aquecidos gradativamente a uma taxa de aquecimento de  $3\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$  conforme orienta RILEM TC129MHT (2000 *apud* SILVA, 2009), até atingirem a temperatura estipulada, permanecendo por um tempo de patamar de 30 min e posterior resfriamento dentro da mufla, conforme apresenta o gráfico da Figura 4 gráfico de temperatura x tempo.

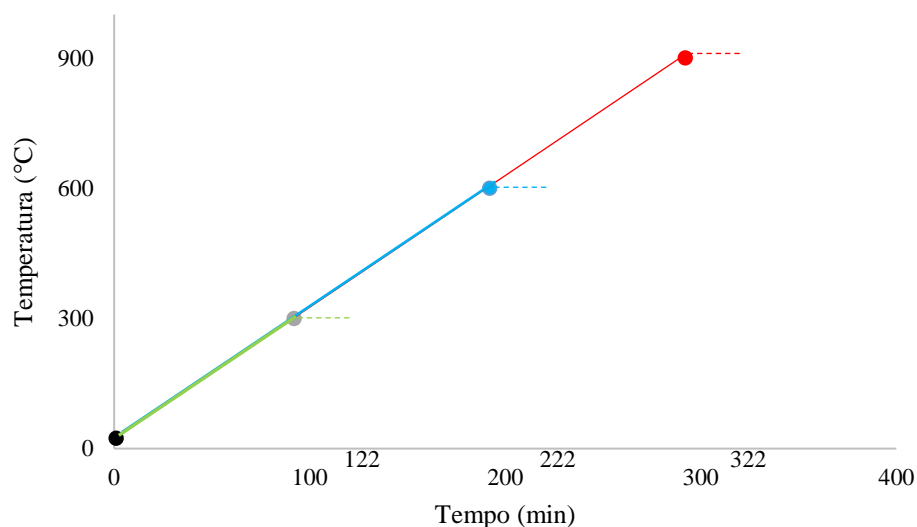


Figura 4. Gráfico de temperatura x tempo



Após o processo de exposição à temperatura realizou-se a inspeção visual, a fim de avaliar as mudanças características na interface bloco/graute, buscando analisar se os materiais se mantiveram aderidos.

Os resultados dos ensaios de resistência à compressão dos blocos e do graute passaram por análise estatística de variância (ANOVA), com o propósito de analisar se estes resultados possuem diferenças significativas.

O ensaio de resistência compressão foi realizado de acordo com a NBR 15812: 2010. O procedimento foi executado por uma prensa hidráulica da marca EMIC, modelo PC 200, com capacidade máxima de 2000 kN.

A realização do ensaio de Calorimétrica Diferencial de Varredura (DSC) se deu em atmosfera de Nitrogênio ( $N_2$ ) a partir da temperatura ambiente até  $1000^\circ C$  e taxa de aquecimento de  $10^\circ C \cdot min^{-1}$  no equipamento TA instrument, modelo Q600.

## Resultados e discussões

O resultado da caracterização dos blocos cerâmicos podem ser visualizados na Tabela 1, que apresenta as dimensões efetivas, absorção de água e a resistência à compressão dos blocos, respectivamente. Nela é possível verificar que o mesmo atende a norma, quanto à caracterização geométrica e física, entretanto quanto a caracterização mecânica o mesmo apresentou uma resistência à compressão característica do bloco (fbk) de 7,46 MPa não atendendo ao mínimo exigido por norma de 8 MPa, para a classificação EST80.

Tabela 1. Caracterização dos blocos

Bloco	Largura (mm)	Altura (mm)	Comprimento (mm)	Absorção de Água (%)	Resistência à Compressão (MPa)
Média	138,69	190,46	288,38	18,61	7,47
D.P.	1,11	0,97	1,19	0,42	1,82
C.V (%)	0,80	0,51	0,41	2,27	24,38

As Tabelas 2 e 3 apresentam os resultados quanto à caracterização do graute e da argamassa de assentamento, após os 28 dias, respectivamente.

Tabela 2. Caracterização do graute

CP Graute	Resistência à compressão (MPa)	Módulo de elasticidade (MPa)
Média	67,73	40720
D.P.	23,24	3833
C.V (%)	34,31	9,412

Tabela 3. Caracterização da argamassa

CP Argamassa	Tração na flexão (MPa)	Resistência característica (MPa)
Média	3,39	11,42
D.P.	0,56	0,48
C.V (%)	16,42	4,24

Os resultados de resistência à compressão e módulo de elasticidade do graute, após exposição a altas temperaturas estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Resistência à compressão e módulo de elasticidade do graute.

Temperaturas de exposição		Resistência à compressão (MPa)	Módulo de elasticidade (MPa)
REF	Média	67,73	40720
	D.P.	23,24	3833
	C.V (%)	34,31	9,412
300°C	Média	65,01	28330
	D.P.	17,07	3242
	C.V (%)	26,25	11,44
600°C	Média	32,28	11440
	D.P.	6,32	3672
	C.V (%)	19,57	32,10
900°C	Média	8,68	4955
	D.P.	2,42	263,40
	C.V (%)	27,89	5,32

\*D.P. Desvio Padrão

\*C.V. Coeficiente de variação.

Os resultados obtidos através dos ensaios foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, portanto, pode-se afirmar com 95% de confiabilidade que existe diferença significativa na perda de resistência à compressão, como também no módulo de elasticidade dos corpos de prova de graute após exposição a altas temperaturas. Esse comportamento já foi verificado em estudos com concreto em altas temperaturas de Neville (1923), Rosso (1975), Costa e Silva (2002).

Na Figura 5 resistência à compressão do graute, são representados os valores de cada corpo de prova ensaiado a compressão e média encontrada para cada conjunto.

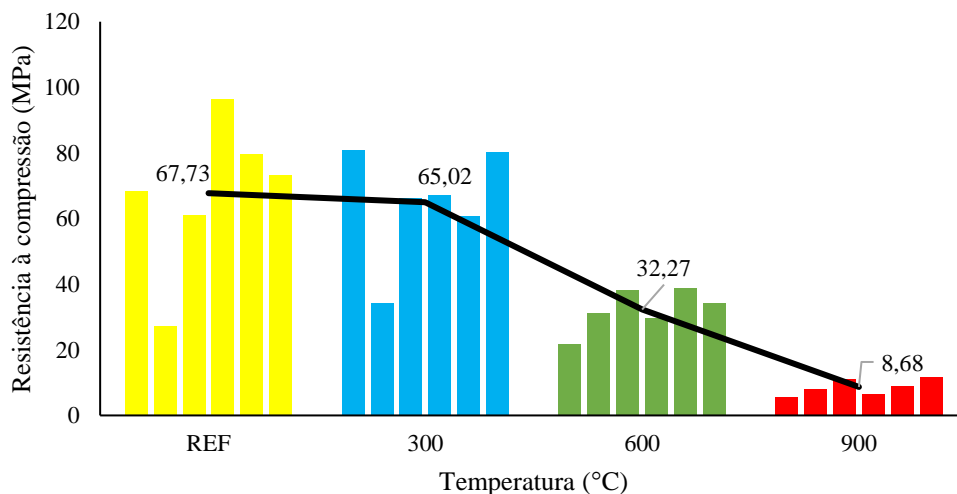


Figura 5. Resistência à compressão do graute

Com base nos resultados obtidos e apresentados na Figura 5 observa-se que existem alguns valores discrepantes, no entanto, realizou-se análise de outlier através do gráfico Box Plot e nenhum valor foi descartado.



O comportamento de spalling, comum ao concreto exposto a altas temperaturas, não ocorreu em nenhuma amostra. Tal fato pode ser justificado pela ausência de agregado na composição do graute empregado e pelo aquecimento lento dos corpos de prova. Segundo Brites e Costo (2011) mesmo após o término do processo de expansão da pasta cimentícia do concreto, seus agregados continuam a se expandir o que gera o fenômeno de spalling. Outro fator de influência é o aquecimento lento, onde não são desenvolvidos grandes gradientes térmicos e, portanto, não há degradação imediata do material (MORALES; CAMPOS; FAGANELLO, 2011).

A Figura 6 (a) apresenta o graute exposto a 300°C, (b) graute exposto a 600°C, (c) graute exposto a 900°C, (d) vista superior do graute exposto a 300°C, (e) vista superior do graute exposto a 600°C e (f) vista superior do graute exposto a 900°C.



Figura 6. Graute expostos a altas temperaturas, (a) graute após exposição a 300°C, (b) graute após exposição a 600°C, (c) graute após exposição a 900°C, (d) vista superior do graute exposto a 300°C, (e) vista superior do graute exposto a 600°C e (f) vista superior do graute exposto a 900°C.

Como base na análise visual dos corpos de prova do graute, após a exposição a altas temperaturas, percebe-se o aparecimento de microfissuras a partir dos 300°C e que foram

aumentando gradativamente com o aumento da temperatura até os 900°C. Mehta e Monteiro (2008) afirmam que o aparecimento dessas microfissuras e a redução de adesão química entre os componentes do silicato de cálcio hidratado (C-S-H) ocasionam a redução da resistência a compressão e do módulo de elasticidade, dados esses condizentes também com os encontrados nesta pesquisa.

A Tabela 5 e a Figura 7 apresentam os resultados obtidos para a resistência à compressão dos prismas após exposição a altas temperaturas, sendo na Figura 7 apresentado os resultados do ensaio a compressão para cada prisma ensaiado e média encontrada para cada conjunto

Tabela 5. Resistência à compressão de prismas

Prisma	Resistência à compressão (MPa)	
REF.	Média	10,40
	D.P.	1,14
	C.V (%)	10,99
T 300°C	Média	10,71
	D.P.	2,23
	C.V (%)	20,78
T 600°C	Média	9,24
	D.P.	0,83
	C.V (%)	9,07
T 900°C	Média	8,24
	D.P.	0,41
	C.V (%)	4,93

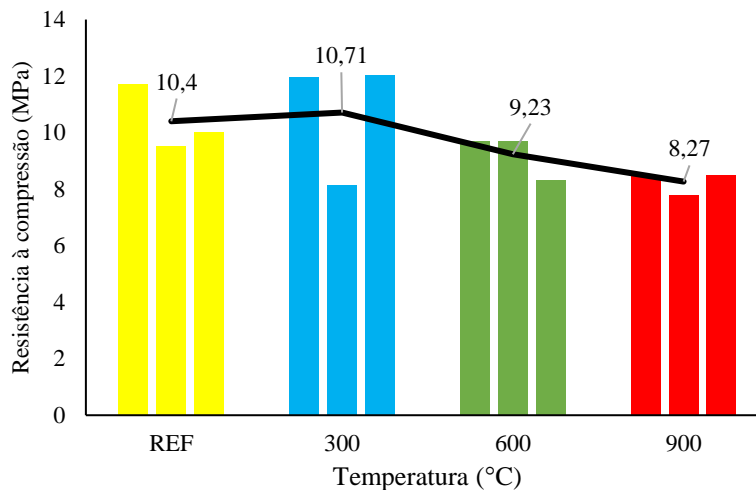


Figura 7. Resistência à compressão do prisma

Através do teste de análise de variância (ANOVA) os prismas não apresentaram valor significativo na perda de resistência entre as amostras, ou seja, a exposição as altas temperaturas não influenciaram na resistência à compressão dos primas, distintamente do ocorrido com o graute. O melhor desempenho do conjunto prisma a altas temperaturas em relação ao graute

isoladamente, é também devido a maior resistência térmica dos blocos cerâmicos, conforme afirma Al-Hadhrami e Ahmad (2008).

A análise visual das rupturas dos prismas apresenta-se na Figura 8.



Figura 8. Ensaio de resistência à compressão, (a) prisma REF (b) prisma T 300°C (c) prisma T 600°C (d) prisma T 900°C, (e) parede do bloco e (f) graute no interior do prisma.

Com base na análise visual dos tipos de ruptura dos prismas, verificou-se uma configuração típica em todas as fissuras analisadas, indiferente a exposição as altas temperaturas. As fissuras surgiram no sentido vertical das paredes longitudinais e transversais, similarmente ao estudo realizado por Izquierdo (2015).

Com a retirada das paredes dos blocos, foi possível perceber que o graute também apresentou fissuras após o procedimento de resistência a compressão.



Conforme ilustrado na Figura 9 prismas expostos a altas temperaturas, (a) prisma após exposição a 300°C, (b) prisma após exposição a 600°C, (c) prisma após exposição a 900°C, (d) interface bloco/graute a 300°C, (e) interface bloco/graute a 600°C e (f) interface bloco/graute a 900°C.

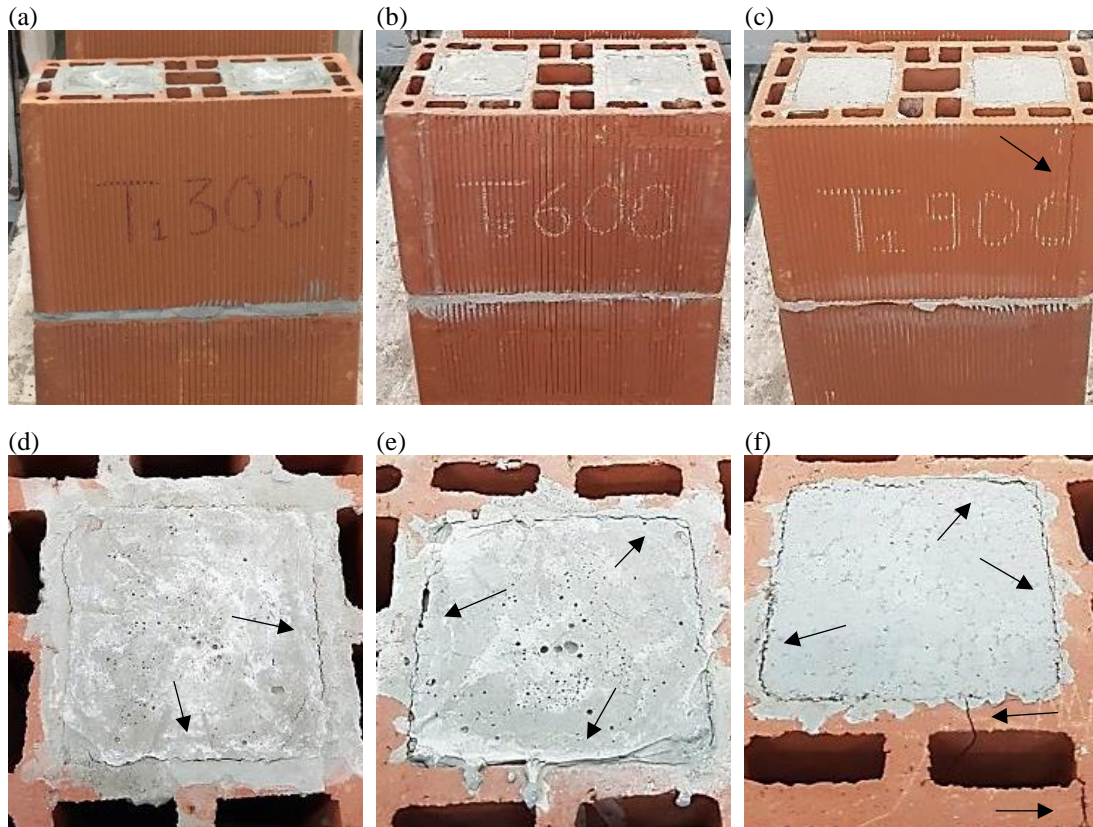


Figura 9. Prismas expostos a altas temperaturas, (a) prisma após exposição a 300°C, (b) prisma após exposição a 600°C, (c) prisma após exposição a 900°C, (d) interface bloco/graute a 300°C, (e) interface bloco/graute a 600°C e (f) interface bloco/graute a 900°C.

Os prismas expostos a temperatura de 300°C apresentaram abertura de fissura moderada, quando comparada as temperaturas mais elevadas na interface bloco/graute, o que caracteriza que a partir dessa temperatura, pode-se presumir que já existe uma perda de contato entre os dois componentes.

Já na temperatura de 600°C o descolamento entre a interface bloco/graute tornou-se bastante visível, porém até essa temperatura não houve a presença de fissuras na face externa do prisma, enquanto que a 900°C os prismas já apresentaram fissuras verticais na face dos blocos e descolamento da interface bloco/graute. Izquierdo (2015) afirma que a baixa rugosidade dos blocos cerâmicos em relação aos blocos de concreto, cerca de 10 vezes menos, geram uma deficiência na aderência do conjunto, o que pode ter ocasionado o aparecimento destas fissuras.

Através da Figura 10 pode-se analisar os comparativos percentuais em relação a perdas ou ganhos na resistência a compressão e módulo de elasticidade em relação ao primas e graute de referência.

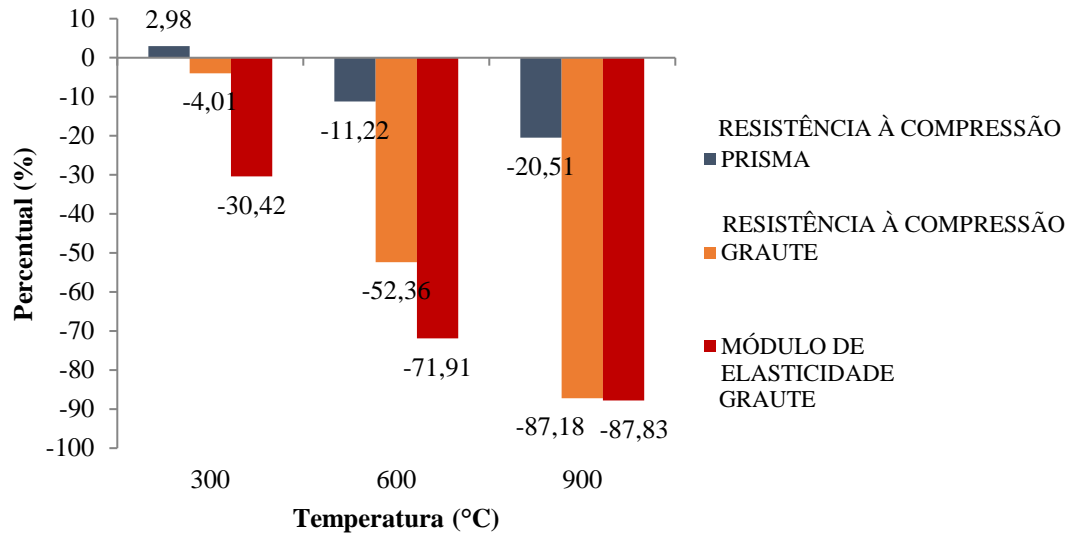


Figura 10. Comparativos percentuais – resistência a compressão e módulo de elasticidade.

Observa-se para as amostras do tipo prisma um ganho percentual baixo de resistência a compressão após exposição a 300°C. Esse resultado revela um bom comportamento do conjunto até essa temperatura, no sentido de manter sua capacidade de resistência à compressão. Em relação aos prismas expostos a 600°C obteve-se um decréscimo de resistência em relação à referência, como também houve perda para os prismas expostos a 900°C. Embora esses percentuais reduzidos sejam relativamente baixos, os mesmos já indicam um alerta ao comprometimento da estrutura.

Ainda, com base na Figura 10 percebe-se que as amostras de graute apresentaram perdas de resistência à compressão e no módulo de elasticidade em todas as temperaturas de exposição. Entretanto até a faixa de 300°C o material consegue preservar aproximadamente 90% de sua capacidade de resistência e cerca de 70% do seu módulo de elasticidade, enquanto que a 600°C as amostras vieram a perder mais que 50% de sua resistência característica e mais que 70% do seu módulo de elasticidade. Ao serem expostas a 900°C as amostras perderam quase 90% de sua resistência e o mesmo ocorreu para o módulo de elasticidade.

Através do ensaio de Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC), ilustrado na Figura 11, detectou-se picos endotérmicos entre as temperaturas de 400°C a 500°C e 700°C a 800°C.



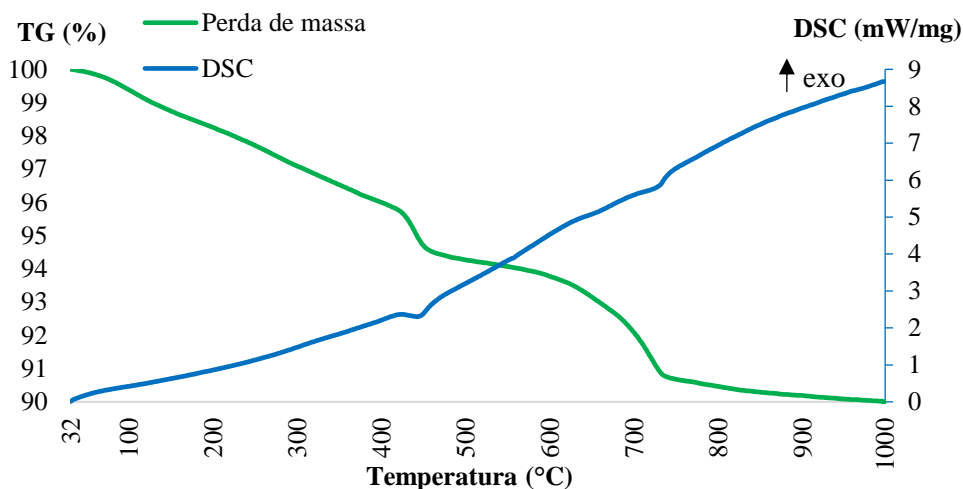


Figura 11. Gráfico de análise termogravimétrica graute.

Conforme Hager (2013) durante o aquecimento do graute, primeiramente, ocorre a desidratação progressiva que gera retração da pasta e microfissuração, posteriormente sucede-se a decomposição da Portlandita, em torno de 400°C e a desidratação do gel C-S-H aproximadamente aos 700°C, até sua completa decomposição.

Em torno dos 700°C foi possível verificar perdas mais significativas de massa, o que por sua vez tende a aumentar a porosidade do graute e, por conseguinte, diminuir sua resistência. Assim sendo, entende-se a perda de resistência à compressão do graute principalmente, e do prisma, além da retração que ocasionou visualmente o descolamento do graute das paredes internas dos blocos.

Tem-se ainda através da Figura 12 o gráfico de análise termogravimétrica bloco cerâmico.

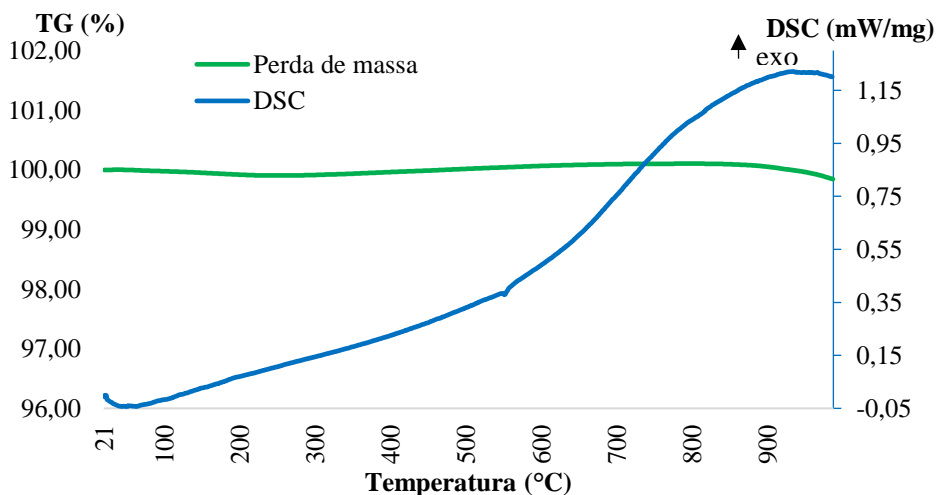


Figura 12. Gráfico de análise termogravimétrica bloco cerâmico



O gráfico demonstra pouca alteração na perda de massa da amostra, sendo esse um comportamento já esperado no material, devido ao mesmo ser queimado a altas temperaturas durante seu processo de fabricação. Tal fato auxilia na compreensão do porquê de o prisma não ter apresentado perda de resistência à compressão, após a exposição as altas temperaturas, estatisticamente significativas, destoante com o ocorrido com o graute.

Com esse comportamento distinto do graute em relação ao material cerâmico frente ao aquecimento, pode-se afirmar que o mesmo não trabalhará em comum com o bloco cerâmico a partir dos 300°C, já que o bloco cerâmico possui uma boa resistência térmica, não sofrendo assim tão facilmente com as variações térmicas.

### **Conclusões**

A exposição do graute a altas temperaturas leva a perdas mais expressivas de sua capacidade de resistência a compressão e módulo de elasticidade. Também ficou mais visível a fissuração nesse componente quando o mesmo foi exposto isoladamente as altas temperaturas. Essa perda de resistência e acréscimo de fissuração ocorrem em função da expansão e retração ocorrida no material, devido às alterações químicas sofridas no seu interior.

Analisando os resultados obtidos com os prismas ensaiados, através da análise de variância (ANOVA) não se obteve resultados significativos, porém para podermos melhor discutir os resultados, também se fez um comparativo em percentual, do prisma referência aos demais. Com esse comparativo é possível reafirmar o bom comportamento do conjunto até a temperatura de 300°C. Sendo que nas demais exposições também se obteve perdas não muito significativas na resistência à compressão, entretanto as fissuras foram mais nítidas a cada aumento de temperatura.

Com base então no comportamento dos materiais estudados na sua forma isolada e no conjunto prisma, pode-se concluir que há um bom funcionamento do sistema quanto a resistência à compressão mesmo em altas temperaturas, muito devido ao bom comportamento do bloco cerâmico. Entretanto a relação de aderência do conjunto bloco/graute se apresenta deficiente já aos 300°C.

### **Recomendações para trabalhos futuros**

- Repetir o estudo inserindo outros patamares de temperatura;
- Aumentar a taxa de aquecimento;

- Realizar ensaio Pull out e Push out;
- Realizar ensaio de módulo de elasticidade para os prismas;
- Realizar o estudo para blocos de concreto,

## Referências

A-HADHRAMI, L.M., AHMAD, A., “Assessment of thermal performance of different types of masonry bricks used in Saudi Arabia”, **Applied Thermal Engineering Journal, (Online)** v.29, pp.1123-1130, 2009. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359431108002615>> Acesso em: 25 nov. 2019.

AL NAHHAS, F.; AMI SAADA, R.; BONNET, G.; DELMOTTE, P. Resistance to fire of walls constituted by hollow blocks: Experiments and thermal modeling. **Applied Thermal Engineering, (Online)**. v. 27, p.258-267, 2007. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431106001359>>. Acesso em: 19 abril. 2019.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI/TMS 216.1**: Code requirements for determining fire resistance of concrete and masonry construction assemblies. Michigan, 2007.

ANDREINI, M; SASSU, M. Mechanical behaviour of full unit masonry panels under fire action. **Fire Safety Journal**. Pisa, v, 46, p. 440-450, out. 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2011.07.004>> Acesso em: 07 abril 2019.

ARANTES, C. A; CAVALHEIRO, O. P. **Influência do graute na alvenaria estrutural de blocos vazados cerâmicos**. Jornada Sud-Americanas de Ingeniería Estructural. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo Mendoza. Argentina, 2004.

ARIOZ, O. Effects of elevated temperatures on properties of concrete. **Fire Safety Journal**. Turquia, v, 42, p 516-522, Nov. 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2007.01.003>> Acesso em: 07 abril 2019.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15812-1**: Alvenaria estrutural Bloco cerâmicos Parte 1: Projetos. Rio de Janeiro, 2010

\_\_\_\_\_. **NBR 15812-2**: Alvenaria estrutural Blocos cerâmicas Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2010

\_\_\_\_\_. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos — Blocos e tijolos para alvenarias estrutural, de vedação e racionalizada Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

\_\_\_\_\_. **NBR 15270-2**: Componentes cerâmicos — Blocos e tijolos para alvenarias estrutural, de vedação e racionalizada Parte 2: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2017

\_\_\_\_\_. **NBR 5628**: Componentes construtivos estruturais — Determinação da resistência ao fogo. Rio de Janeiro, 2001.

\_\_\_\_\_. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

\_\_\_\_\_. **NBR 8522:** Concreto - Determinação do módulo estático de elasticidade a compressão. Rio de Janeiro, 2017.

\_\_\_\_\_. **NBR 5738:** Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 8798:** Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, 1985.

AYALA, F. R. R. **Mechanical Properties and Structural Behaviour of Masonry at Elevated Temperatures.** 2010. 294 f. Tese de Doutorado apresentado ao Curso de Engenharia e Ciências Físicas da University of Manchester, 2010.

BRITEZ, Carlos Amado e COSTO, Carla Neves. Ações do fogo nas estruturas de concreto. Concreto: ciência e tecnologia. São Paulo: **IBRACON**, 2011. 1968 pg.

CAMACHO, J. S.; LOGULLO, B. G.; PARSEKIAN, G. A.; SOUDAIS, P. R. N.; The influence of grouting and reinforcement ratio in the concrete block masonry compressive behavior. **Revista IBRACON de estruturas e materiais.** vol.8, São Paulo May/June 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-41952015000300006> > acesso em: 23 março 2019.

CAVALHEIRO, O. P. **Alvenaria Estrutural: Tão antiga e tão atual.** 2009. 14f. Santa Maria. Silva, A.S. A Evolução dos Edifícios em Alvenaria Auto-Portante. Seminário, Departamento de Estruturas e Fundação, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

COSTA, C. N.; SILVA, V. P. Estruturas de concreto em situação de incêndio. In: JORNADAS SULAMERICANAS DE ENGENHARIA ESTRUTURAL, 30., 2002, Brasília. **Anais...** Brasília: PECC-UnB/ ASAAE, 2002.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **Eurocode 6: EN 2005-1.2:** Design of masonry structures Part 1-2: General rules: Structural fire design. Brussels, 2005.

FIGUEIRÓ, W, O. **Racionalização do Processo Construtivo de Edifícios em Alvenaria Estrutural.** 2009. 75 f. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

FISHER, Marcos H.. **Análise e avaliação da aderência na interface entre bloco cerâmico e graute.** 2016. 50 f. TCC de Graduação apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC, 2016.

GUARNIERI, L.; BERGMANN, C. P.; SILVA FILHO, L. C. P. Influência da aderência graute/ bloco cerâmico estrutural na resistência mecânica do conjunto. In: XIII CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS, 13., 2017, Porto Alegre. **Anais...** Ceará: CIPAR, 2017.

HAIJIFATHALIAN, K. **Effects of Working Strategy and Duration Variance on Productivity and Work in Process:** a simulation-based investigation and Oops Game: Cost-benefits tradeoff analysis of reliable planning for construction activities. Raleigh, 2011. 106 f. Dissertation (Master of Science of Civil Engineering) - Graduate Faculty of North Carolina State University, Raleigh, 2011.

INGHAM, J. Forensic engineering of fire-damaged structures. **Proceedings of ICE**, v. 162, 12 - 17, 2012. Disponível em: <<https://www.icevirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/cien.2009.162.5.12>> Acesso em: 24 set, 2019.

IZQUIERDO, Orieta Soto. **Estudo da interface bloco/graute em elementos de alvenaria estrutural**. 2015. 322 f. Tese de doutorado apresentada ao Curso de Engenharia de Estruturas da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

LEITE, H. A. L.; MORENO JÚNIOR, A. L.; TORRES, D. L. Dimensionamento da alvenaria estrutural em situação de incêndio: contribuição à futura normatização nacional. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 89-107, abr./jun. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212016000200081>> Acesso em: 23 março. 2019.

METHA, P. Kumar, MONTEIRO, Paulo J. M. “Concreto — estrutura, propriedades e materiais”. Ed. **Pini**. São Paulo, 2008.

MORALES, G. CAMPOS, A. FAGNELLO, A. M. P. A ação do fogo sobre os componentes do concreto. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 47-55, jan./mar. 2011. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/view/4057>> Acesso em: 24 de novembro. 2019.

NAKAMURA, J. Saiba em quais situações a alvenaria estrutural é competitiva, assim como condicionantes para o uso bem sucedido dessa solução. **Construção Mercado**, ed. 148, set. 2014. Disponível em: < <http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/158/artigo326571-1.aspx>> Acesso em: 23 março 2019.

NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto. São Paulo: **Pini**, 1923.

NGUYEN, T. D.; MEFTAH, F. Behavior of Hollow Clay Brick Masonry Walls During Fire: part 2: 3D finite element modelling and spalling assessment. **Fire Safety Journal**, v. 66, p. 35-45, 2014.

ROSSO, T. Incêndios e arquitetura. **Apostila**. São Paulo: FAUUSP, 1975.

SILVA, D. S. **Propriedades mecânicas residuais pós incêndio de concreto usado na construção civil na grande Florianópolis**. 2009. 102 f. Dissertação (Pós-graduação em engenharia civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia de Estruturas, Santa Catarina.

SIPP, G. **Avaliação experimental da aderência entre blocos cerâmicos e grautes**. 2019. 188 f. Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil do Centro de ciências exatas e de tecnologia da Universidade Federal de São Carlos de São Paulo, 2019.

THOMAZ, E.; HELENE, P. **Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenarias de vedação em edifícios**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, BT/PCC/252. São Paulo: EPUSP, 2000. 31 p.