Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

AVALIAÇÃO DA REAÇÃO AO FOGO DOS MATERIAIS DE REVESTIMENTO EMPREGADOS EM UMA EDIFICAÇÃO TEATRAL

A. M. GIL
Acad. Eng. Civil
itt Performance/UNISINOS
RS; Brasil
augustomg@unisinos.br

G. L. PRAGER
Acad. Eng. Civil
itt Performance/UNISINOS
RS; Brasil
gprager@unisinos.br

G. G. HENNEMANN
Acad. Eng. Civil
itt Performance/UNISINOS
RS; Brasil
guilhermeghennemann@gmail.com

F. L. BOLINA
Eng. Civil, Mestrando PPGAU
itt Performance/UNISINOS
RS; Brasil
fabriciolb@unisinos.br

V. K. ORTOLAN
Eng. Civil, MSc.
itt Performance/UNISINOS
RS; Brasil
vortolan@unisinos.br

B. F. TUTIKIAN
Eng. Civil, Prof. Dr.
itt Performance/UNISINOS
RS; Brasil
bftutikian@unisinos.br

RESUMO

Na ocorrência de um incêndio, os materiais de revestimento empregados em uma edificação poderão contribuir com o aumento da temperatura, propagação do fogo e, consequente redução da capacidade resistente da edificação. Dependendo do comportamento destes materiais, o fogo poderá propagar-se mais rapidamente e a liberação de gases e fumaça poderão aumentar o risco à vida e dificultar o trabalho das equipes de combate. O incêndio na boate Kiss em 2013 enalteceu a importância de atender a estes critérios e levou ao aumento nas exigências normativas quanto a este tipo de análise. Assim, as normas vigentes estabelecem classes de reação ao fogo, através dos quais é possível determinar os locais em que estes materias podem ser empregados. Verifica-se que em espaços públicos confinados, como é o caso de teatros, este tipo de verificação torna-se ainda mais necessária devido à concretração de um grande número de pessoas e a utilização de materiais de revestimento não convencionais, visando um melhor desempenho acústico e maior conforto aos usuários. Este trabalho teve como objetivo avaliar a reação fogo dos principais materiais empregados no revestimento dos sistemas construtivos de uma edificação teatral. Para tanto, estes foram classificados pelo emprego de ensaios de não-combustibilidade, ignitabilidade e Single Burning Item (SBI), descritos pelas normas ISO 1182:2010, ISO 11925-2:2010 e EN 13823:2010, respectivamente. Através dos resultados obtidos nos ensaios foi possível verificar que alguns dos revestimentos empregados, comumente utilizados neste tipo de edificação, não atendem às classes mínimas especificadas e podem comprometer a segurança dos usuários.

Palavras-chave: incêndio, materiais de revestimento, reação ao fogo.

ABSTRACT

In the event of a fire, the covering materials used in a building can contribute to the rise in temperature, spread of fire and the consequent reduction of building bearing capacity. Depending on the behavior of these materials, the fire can spread quickly and the release of gases and smoke may increase the risk to life and complicate the work of combat teams. The fire at the Kiss nightclub in 2013 highlighted the importance of meeting these criteria and led to increased regulatory requirements on this type of analysis. Thus, the standards define fire reaction classes, through which is possible to determine material's application. It is noted that in enclosed public buildings, such as theaters, this type of verification becomes even more necessary due to the large number of people and the use of non-conventional covering

materials that provide a better acoustic performance and comfort to users. This study aimed to evaluate the fire reaction of the main materials used as covering of building systems from a theater. Therefore, these were classified by the use of non-combustibility test, ignitability test and Single Burning Item (SBI) test, described by the standards ISO 1182: 2010, ISO 11925-2: 2010 and EN 13823: 2010, respectively. Through the results obtained in the tests, it was found that some of the materials used, commonly used in this type of building, do not meet the minimum specified classes and can compromise the safety of users.

Keywords: fire, covering materials, fire reaction.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história, como resultado do grande número de pessoas reunidas, além da grande quantidade de materiais combustíveis e com potencial de ignição, um incêndio em um teatro acarreta no grande risco de perda de vidas e de patrimônio [1]. Há registro de incêndios em teatros da Europa e dos Estados Unidos, com um grande número de vítimas, como o ocorrido no Iroquois Theatre em Chicago no ano de 1903, em que a negligencia quanto as precauções necessárias levaram mais de 600 pessoas à morte [2]. No Brasil, o incêndio ocorrido no Gran Circo Norte-Americano em Niterói (1961) resultou na morte de mais de 250 pessoas e, mais recentemente, a tragédia na boate Kiss em Santa Maria/RS levou mais de 240 jovens a parecerem [3-4]. Estes eventos, apesar de terem origens diferentes, um proposital e os outros acidentais, enaltecem a importância de conhecer as propriedades dos materiais construtivos empregados em uma edificação de modo que esta não venha a contribuir com o incêndio.

O decreto estadual nº 4.909 do estado de Santa Catarina [5] classifica um teatro como uma edificação de reunião de público, apresentando no Art. 23, item XI-a, que todas as peças de decoração assim como todas as montagens transitórias deverão ser incombustíveis ou tratadas com produtos retardantes à ação do fogo. Esse decreto data de 1994 e demonstra, através das recentes tragédias, que apesar de haver regulamentação para este tipo assunto, sua implementação não era efetiva. Esta negligência pode ter ocorrido por diversas razões, entre elas a falta de informação, tanto dos usuários quanto dos profissionais da área, e a disponibilidade de laboratórios e equipamentos para realização de ensaios para determinação da reação ao fogo dos materiais e sistemas construtivos [6]. O decreto estadual Nº 56.819 de São Paulo [7] coloca os teatros na divisão F-5 quanto à sua ocupação. Aplicando-se essa divisão na Instrução Técnica Nº 10 do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo [8], constata-se que os materiais empregados como revestimento em paredes e divisórias devem abranger materiais das classes I ou II-A. Ainda que o estado do Rio Grande do Sul apresente leis de segurança contra incêndio, como o decreto nº 51.803 da lei complementar nº 14.376, que identifica a edificação teatro também na divisão F-5, porém, essas não mencionam as classes requeridas de reação ao fogo para os materiais de revestimento para esta tipologia de edificação.

De maneira resumida, a reação ao fogo tem por objetivo verificar como os materiais construtivos se comportam quando expostos ao fogo e se este pode vir a contribuir com o incêndio. Analisando-se a curva real de incêndio, a reação ao fogo compreende a análise das propriedades dos materiais na fase entre a ignição e a inflamação generalizada do ambiente. Nesta fase, o incêndio ainda é localizado e não apresenta risco à vida, porém as propriedades de ignição e de combustibilidade dos materiais podem contribuir para o incêndio generalizado, com risco à vida e ao patrimônio edificado.

Assim, são avaliados predominantemente materiais de acabamento e revestimento, materiais de isolamento termo acústico, seus miolos e substratos. A análise pode ser realizada basicamente por três ensaios (não-combustibilidade, ignitabilidade e SBI), cujos resultados são utilizados para classificação e definição de sua aplicabilidade, segundo a IT Nº 10 [8]. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo verificar a reação ao fogo de 5 sistemas empregados nas paredes como acabamento em um teatro localizado no estado do Rio Grande do Sul, com capacidade aproximada de 1000 espectadores e área de 4000m².

2. METODOLOGIA

Através de uma vistoria no teatro objeto deste estudo, foi realizada uma análise dos materiais empregados no acabamento dos sistemas construtivos empregados. As amostras foram confeccionadas a partir dos materiais extraídos do próprio local, conforme descrito nos itens a seguir.

2.1 Materiais de revestimento e acabamento

A Tabela 1 apresenta um resumo dos materiais empregados como revestimento e seus respectivos substratos na edificação, detalhados nos itens a seguir.

Tabela 1 – Resumo dos materiais empregados nos sistemas que compõem a edificação

Sistema	Material de revestimento	Substrato
1	Chapas de MDF	Incombustível
2	Feltro	Lã de vidro
3	Têxtil	Lã de vidro
4	Carpete	OSB
5	Carpete	Difusor

2.1.1 Sistema 1

Este sistema consiste em chapas de fibra de madeira de média densidade, conhecido como MDF, revestidas com laminado decorativo em tom e textura amadeirada, totalizando a espessura de 20 mm. O material era aplicado como revestimento ou acabamento em paredes, tetos e em elementos decorativos. A Figura 1 apresenta as amostras preparadas para os ensaios de ignitabilidade e SBI.



Figura 1 – Amostras representativas do Sistema 1

2.1.2 Sistema 2

O Sistema 2 consiste em uma manta para isolamento acústico composta por lã de vidro com uma lâmina de feltro preto na superfície para acabamento. A espessuta da lâmina de feltro era de 2mm e a espessura total variava em torno de 60mm. Este material estava localizado atrás de uma grade metálica para acabamento final, porém esta não foi analisada por ser conhecidamente incombustível. A união entre as placas era feita no local com uma fita adesiva preta, sendo esta utilizada para realização dos ensaios de SBI. A Figura 2 apresenta as amostras preparadas para os ensaios de não-combustibilidade, ignitabilidade e SBI.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 2 – Amostras representativas do Sistema 2

2.1.3 Sistema 3

O Sistema 3 é muito similar ao Sistema 2, composto substancialmente por lã de vidro com uma lâmina de uma material têxtil para acabamento. A espessura total do sistema também é de aproximadamente 60mm, sendo a união entre as placas realizadas com a mesma fita adesiva preta utilizada para o outro sistema. Este sistema é empregado no isolamento acústico no palco do teatro objeto deste estudo. A Figura 3 apresenta as amostras preparadas para os ensaios de não-combustibilidade, ignitabilidade e SBI.

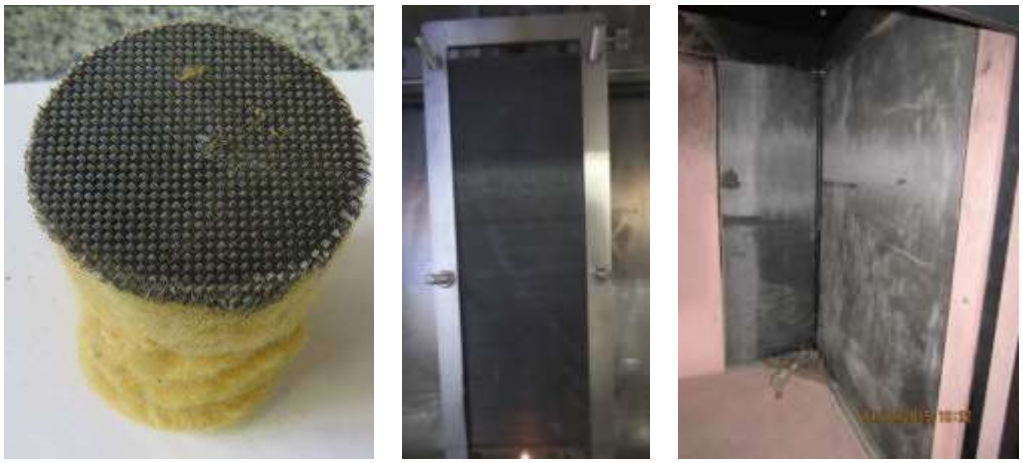


Figura 3 – Amostras representativas do Sistema 3

2.1.4 Sistema 4

Este sistema consiste em painéis de tiras de madeira orientadas, conhecidas como OSB, revestidas com uma lâmina de carpete vermelho, unidos com cola adesiva ultraforte. As placas de OSB possuiam espessura de 13mm, enquanto que a lâmina de carpete apresentava aproximadamente 10mm, totalizando a espessura de 23mm. Este sistema é aplicado no revestimento do chão, escadas, paredes e na parte inferior das arquibancadas. A Figura 4 apresenta a parte traseira do sistema em sua aplicação e as amostras preparadas para os ensaios de ignitabilidade e SBI.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 4 – Amostras representativas do Sistema 4

2.1.5 Sistema 5

O Sistema 5 é muito similar ao Sistema 4, composto por um painél de compósito de madeira perfurado revestido com o mesmo carpete utilizado no Sistema 4. A espessura do painél é de 3,5mm que acrescida da espessura do carpete totaliza 13,5mm. A união do carpete com o painél foi realizado com a mesma cola utilizada no sistema anterior. Este sistema é empregado no revestimento de paredes e testos em alguns locais do teatro. A Figura 5 apresenta os materiais que compõem o sistema separadamente e a amostra preparada para o ensaio de ignitabilidade.

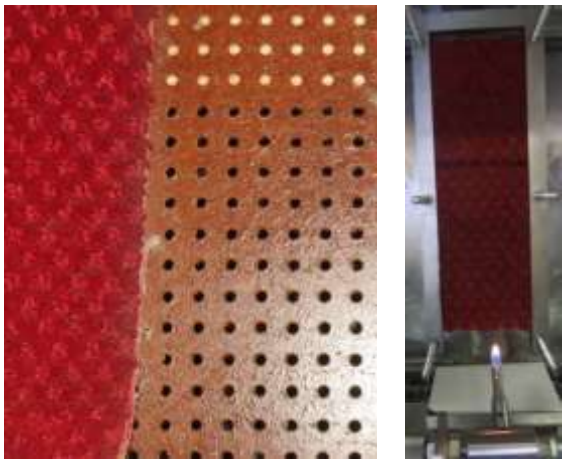


Figura 5 – Amostras representativas do Sistema 5

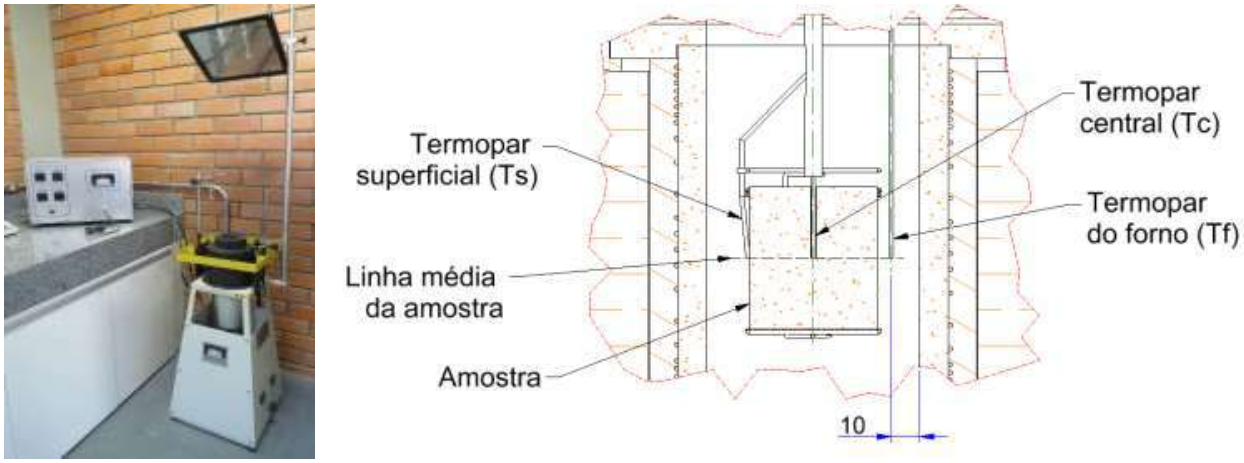
2.2 Método de classificação

A classificiação da reação ao fogo dos sistemas construtivos foi realizada de acordo com requisitos estabelecidos pela IT nº 10 [8], que estabelece dois métodos classificação com base no método de ensaio de SBI (*Single Burning Item*) ou pelo método do painel radiante. Neste caso, a classificação foi realizada com base no método de SBI, que utiliza o resultado de três ensaios para classificação: ensaio de incombustibilidade, ensaio de ignitabilidade e ensaio de SBI.

O primeiro ensaio a ser realizado é o de incombustibilidade, de modo a verificar se o material apresenta alterações em elevadas temperaturas e se é considerado combustível ou incombustível. Materiais considerados incombustíveis dispensam a realização de outros ensaios, uma vez que materiais desta classificação não propagam chamas e não liberam calor ou fumaça. Para os materiais combustíveis, verifica-se a velocidade de propagação superficial de chamas através do ensaio de ignitabilidade e a liberação de calor e fumaça pelo ensaio de SBI.

2.2.1 Ensaio de incombustibilidade

A análise da combustibilidade do material foi realizada seguindo os procedimentos da norma ISO 1182:2010 – *Reaction to fire tests for products – Non-combustibility test* [9]. O equipamento utilizado consiste em um forno cilíndrico com 150mm de altura, diâmetro interno de 75mm e espessura de parede de 10mm, aquecido internamente por resistências e envolto externamente por material isolante (Figura 06a). O corpo de prova (cilíndrico) da amostra, de diâmetro 45mm e altura 50mm, é inserido no forno, cuja temperatura se mantém constante em 750°C durante todo o ensaio. Termopares monitoram a temperatura no interior do forno, na superfície e no centro da amostra (Figura 06b).



(a) (b)

Figura 06 – (a) equipamento: forno ISO 1182; (b) Locação dos termopares na amostra

A norma estabelece que os ensaios devem ser conduzidos por no mínimo 30min e no máximo 60min, dependendo de quando for atingido o equilíbrio de temperatura. O equilíbrio é atingido quando o desvio de temperatura no termopar do forno não exceder 2ºC nos últimos 10 min para os primeiros 30 min de ensaio ou nos últimos 5 min para o intervalo de 30 min a 60 min, sendo 60 min o tempo final de ensaio. No decorrer do ensaio três critérios são avaliados: a liberação de calor, o flamejamento e a perda de massa do material.

A liberação de calor é avaliada pelo acréssimo de temperatura no interior do forno durante o ensaio, que não pode ultrapassar 30°C para ser classificada como incombustível pela Instrução Técnica N° 10 do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo. A mesma instrução define que a ocorrência de flamejamento, verificada visualmente, não deve ultrapassar 10 segundos, assim como a variação de massa do material antes e após o ensaio não deve ser maior do que 50%.

2.2.2 Ensaio de ignitabilidade – ISO 11925-2:2010

A análise da ignitabilidade do material foi feita segundo a norma ISO 11925-2:2010 – *Reaction to fire tests – Ignitability of products subjected to direct impingementof flame* [10]. O teste consiste na determinação das características de ignitabilidade da amostra quando exposta à chama de um queimador padrão pelo período de 30 segundos. A chama é apagada e a amostra analisada por mais 30s, sendo a duração total do ensaio 60s.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 07 – Equipamento empregado na realização do ensaio de ignitabilidade

A chama pode ser aplicada na borda inferior ou na superfície da amostra. Para determinação do ponto de aplicação são realizados dois testes: um com a chama aplicada na borda da amostra e outro com a chama aplicada na superfície. A posição que a amostra apresentar o pior comportamento é na qual se procede o ensaio com as seis amostras.

2.2.3 Ensaio de SBI – EN 13823:2010

Os ensaios foram realizados no laboratório de reação ao fogo do itt Performance/Unisinos, seguindo os procedimentos prescritos pela EN 13823:2010 – *Reaction to fire tests for building products – Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a Single Burning Item* [11], estando os equipamentos utilizados para a realização do ensaio em concordância com as premissas da referida norma. Uma ilustração geral (externa) do forno utilizado é apresentada na Figura 08a.

O SBI (Single Burning Item) é utilizado para determinar o desempenho quanto à reação ao fogo de sistemas construtivos de sistemas de vedação vertical quando expostos a uma chama padrão. O exemplar ensaiado consiste em duas partes posicionadas perpendicularmente uma a outra, de modo a simular o canto de uma edificação. Na junção entre as duas partes localiza-se um queimador que produz uma chama padrão obtida através da combustão de gás propano difuso em uma caixa triangular com areia e ignição de 30,7kW (+/- 2,0kW), conforme apresentado na Figura 08b.



(a) (b)

Figura 08 – Visão geral (a) do equipamento empregado na realização do ensaio e (b) do suporte de amostra

O ambiente de ensaio possui temperatura, umidade relativa e pressão controlados, contando com um duto de exaustão equipado com sensores para medir a temperatura, fração de mols de O2 e CO2, atenuação de luz e o fluxo de pressão diferencial induzida. Essas quantidades são registradas instantaneamente e utilizadas para calcular os índices de produção de calor e fumaça, e da propagação lateral da chama.

O ensaio possui duração total de 26min, onde nos primeiros 2min são coletadas as informações do ambiente antes do início do ensaio. Nos 3min subsequentes são coletadas as informações referentes ao queimador auxiliar, que não está

em contato com a amostra, de modo que as informações referentes à chama sejam subtraídas durante a exposição e resultem apenas nas informações da amostra. A exposição da amostra à chama do queimador principal, localizado na junção entre as duas paredes, ocorre pelo período de 21min e os resultados de cada índice são calculados considerando todo o período de ensaio de modo a avaliar as informações relacionadas apenas ao material ensaiado.

Durante o ensaio verifica-se ainda, visualmente, a propagação lateral das chamas pelos limites laterais do queimador, assim como pelo comportamento do material como a liberação de partículas flamejantes e desintegração da amostra.

3. RESULTADOS

Os resultados dos ensaios são apresentados simplificadamente na Tabela 2.

Tabela 2 – Resumo dos resultados obtidos nos ensaios

Sistema	Incombustibilidade			Ignitabilidade			SBI				
	ΔT	Δm	t_f	Ignição	FS	Gotejamento	FIGRA	LFS	THR600	SMOGRA	TSP600
	°C	g	s	S/N	s	S/N	W/S	S/N	MJ	m²/s²	m²
1	-	-	-	Sim	-	Não	425,98	Sim	31,55	Não alcançado	10,07
2	38,7	9,9	0	Não	-	Não	162,80	Não	1,56	Não alcançado	19,94
3	39,3	12,8	0	Sim	-	Não	245,72	Não	1,12	Não alcançado	18,03
4	-	-	-	Sim	-	Não	1182,70	Sim	87,47	33,86	192,60
5	-	-	-	Sim	-	Não	-	-	-	-	-

ΔT: acréscimo de temperatura no interior do forno
Δm: perda de massa da amostra após o ensaio
t_f: tempo de flamejamento no interior do forno
FS: tempo necessário para atingir a altura de 150mm
FIGRA: índice da taxa de desenvolvimento de calor
LFS: propagação lateral da chama
THR600: liberação total de calor do corpo de prova nos primeiros 600s de exposição às chamas
SMOGRA: taxa de desenvolvimento de fumaça, correspondendo ao máximo do quociente de produção de fumaça do corpo de prova e o tempo de sua ocorrência
TSP600: produção total de fumaça do corpo de prova nos primeiros 600s de exposição às chamas

Os ensaios de não-combustibilidade dos sistemas 1, 4, 5 foram dispensados, uma vez que o carpete, assim como a madeira, são materiais conhecidamente combustíveis. O ensaio de SBI do sistema 5 não pode ser realizado por não haver material suficiente para compor as amostras e, consequentemente, este sistema não pôde ser classificado. A Tabela 3 apresenta a classificação dos sistemas, de acordo com a Tabela A.3 da Instrução Técnica Nº 10 do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo [8].

Tabela 03 – Classificação dos sistemas

Sistema	Classificação
1	Classe IV-A
2	Classe III-A
3	Classe III-A
4	Classe V-A
5	-

Dentre os sistemas analisados é possível perceber que o Sistema 4 apresentou a pior classificação, principalmente devido à elevada quantidade de calor liberada no ensaio de SBI. O Sistema 1, composto por painéis de MDF laminados, apresentaram a segunda pior classificação, também pela elevada produção de calor nos ensaios de SBI. Os sistemas utilizados para isolamento acústico no teatro tiveram a melhor classificação dentre os sistemas analisados, porém apresentaram maior liberação total de fumaça do que o Sistema 1, composto por placas de MDF.

4. CONCLUSÃO

As normas e ensaios tanto para reação como resistência ao fogo avançaram significativamente e a sua aplicação tem sido mais efetiva nos últimos anos devido as recentes tragégias. Verifica-se, no entanto, que a falta de estudos na área, principalmente da reação ao fogo, prejudicam a evolução e a disseminação do conhecimento sobre a forma de aplicação dos materiais construtivos envolvendo a segurança contra incêndios. Tratando-se de uma edificação teatral este tipo de análise se torna ainda mais necessária, por se tratar de uma edificação que reune um grande número de pessoas em um espaço confinado utilizando materiais isolantes acústicos, que podem possuir propriedades inflamáveis.

No caso do teatro analisado, verificou-se que os materiais utilizados tanto no revestimento quanto no isolamento acústico não apresentaram desempenho satisfatório frente ao fogo, principalmente pela utilização de carpete e compósitos de madeira. A IT Nº 10 [8] apresenta que as paredes e divisórias desta edificação deveriam possuir revestimento da classe I ou II-A, logo nenhum dos sistemas ensaiados atenderam às especificações da referida instrução. Cabe salientar que os materiais utilizados para o isolamento acústico atenderam às melhores classes de reação ao fogo, pelos índices de produção de calor alcançados e por não apresentarem propagação lateral de chamas, no entanto ainda sem cumprir a exigência. Ressalta-se a necessidade de substituição dos materiais empregados no teatro ou o seu tratamento com materiais retardantes de chama, uma vez que estes podem vir a contribuir com o incêndio e comprometer a segurança dos usuários.

5. REFERÊNCIAS

[1] ARUP, O. et al. Fire safety in theatres – A new design approach. The fire protection The fire protection research foundation, Quincy, 2009.
[2] SEITO, A.; GILL, A. A.; PANNONI, F. D.; ONO, R.; SILVIA, S. B.; CARLO, U. D.; SILVE, V. P. **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008.
[3] SILVA, V. P. **Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio**: conforme ABNT NBR 15200:2012. São Paulo: Blucher, 2012.
[4] INCÊNDIO NA BOATE KISS. In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2015. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Inc%C3%AAndio_na_boate_Kiss&oldid=43545657>. Acesso em: 18 out. 2015.
[5] SANTA CATARINA. **Decreto estadual nº 4.909 de 18 de outubro de 1994**: Estabelece Normas e Especificações para a Segurança Contra Incêndios no Estado de Santa Catarina. Florianópolis, 1994.
[6] ZORZELA, L.; KOSTESKI, L. E. **Reação Ao Fogo Dos Materiais De Acabamento Utilizados Nos Prédios Da Universidade Federal Do Pampa**. In: 3° Congresso Ibero-Latino-Americano de Segurança Contra Incêndios – CILASCI. Porto Alegre, 2015.
[7] SÃO PAULO. **Decreto estadual nº 56.819 de 10 de março de 2011** Institui o Regulamento de Segurança contra Incêndio das edificações e áreas de risco no Estado de São Paulo e estabelece outras providências. São Paulo, 2011.
[8] SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado dos Negócios da Segurança Pública. Polícia Militar. Corpo de bombeiros. **Instrução técnica n. 10/2011**: conceitos básicos de segurança contra incêndio. São Paulo: 2011.
[9] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 1182: Reaction to fire tests for products - Non-combustibility test**.** Brussels, 2010.
[10] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 11925-2: Reaction to fire tests - Ignitability of building products subjected to direct impingement of flame - Part 2: single-flame source test. Brussels, 2010.
[11] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. BS EN 13823: Reaction to fire tests for building products – Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item. Brussels, 2010.