



Análise das Propriedades Antichamas das Espumas Acústicas de um Estúdio Educacional de EAD

Santos MAA*

* *Universidade de Franca, Brasil.*

Resumo. Esta pesquisa sobre espumas acústicas adota a metodologia de um estudo de caso, estabelecendo a continuidade de um trabalho anterior sobre educação e gestão da segurança contra incêndio em ambientes audiovisuais de uma instituição de ensino. Os objetivos desta pesquisa são: analisar as propriedades antichamas das amostras da espuma acústica senoidal instaladas nos estúdios da instituição, preservar o patrimônio público e a integridade física dos profissionais que trabalham nestes ambientes, e propor uma intervenção. Os referenciais teóricos adotados foram baseados em normas que visam evitar a propagação de chamas, no uso da melamina, na educação e gestão da segurança contra incêndio, nas técnicas de gravação de áudio e no ensino a distância. As amostras de espuma acústica do *campus* analisadas não apresentaram propriedades antichamas adequadas, e o uso deste material inflamável pode ser generalizado para outros *campi* da instituição. Em seguida, foi sugerida a substituição por espumas antichamas aos *campi*.

Palavras-chave: *Espuma Acústica Senoidal, Segurança Contra Incêndio, Estúdio, Inflamabilidade, Educação a Distância.*

Introdução. Há uma crescente demanda pela Educação a Distância (EAD) nas instituições de ensino do Brasil, as atividades de Educação a Distância podem servir como um complemento às atividades acadêmicas presenciais ou como um meio de democratizar o ensino. Neste contexto, são constantemente utilizados os materiais audiovisuais didáticos, como: vídeos, áudios, fotografias, músicas e outros. A videoaula proporciona a comunicação entre docentes e discentes separados geograficamente. Das tecnologias utilizadas no Ensino a Distância, a videoaula é a que mais se aproxima da situação convencional da sala de aula (1).

Os estúdios de Educação a Distância utilizados nas gravações de videoaulas necessitam de conforto acústico. Porém, deve-se procurar por materiais de qualidade na edificação e que estejam de acordo com as regulamentações. Segundo (2), as espumas acústicas têm a capacidade de absorver o som em um ambiente fechado, reduzindo o tempo de reverberação e evitando o eco, este tratamento acústico é realizado para deixar o ambiente com maior definição sonora, permitindo que as frequências graves, médias e agudas, sejam escutadas com maior clareza nas gravações. A instituição de ensino analisada está localizada no estado de São Paulo, Brasil, abrangendo diversos municípios, foram instalados cinco estúdios para a gravação de videoaulas,



um em cada *campus*, revestidos com espumas acústicas de tipo senoidal e tecido de chroma key. Os estúdios possuem materiais e equipamentos similares, e todos foram instalados nos ambientes audiovisuais dos *campi* pela mesma empresa terceirizada.

Segundo a tabela 1, anexa ao Decreto Estadual (3), a classificação da edificação do *campus* analisado é de grupo E, ocupação/uso educacional e divisão “E-1”, pelo fato de se tratar de uma escola de nível médio e superior, embora, de acordo com (4), o edifício não atenda as exigências da tabela “6E”, de medidas de segurança contra incêndio para o grupo “E” (Educacional e Cultural) com área superior a 750 m² ou altura superior a 12 metros. As medidas de segurança presentes na tabela “6E” do Decreto Estadual (3) são: acesso de viatura na edificação, segurança estrutural contra incêndio, compartimentação vertical, controle de materiais de acabamento, saídas de emergência, plano de emergência, brigada de incêndio, iluminação de emergência, detecção de incêndio, alarme de incêndio, sinalização de emergência, extintores, hidrantes e mangotinhos, chuveiros automáticos, e controle de fumaça. (4) analisou o estúdio educacional objeto desta pesquisa no quesito segurança contra incêndio, durante o segundo semestre letivo de 2015 até o primeiro semestre letivo de 2016.

Esta pesquisa realizou uma avaliação da inflamabilidade das espumas acústicas instaladas no estúdio de Educação a Distância de um *campus*, durante o período do primeiro semestre de 2018. Por questões de restrições de acesso aos materiais necessários para realização dos ensaios conforme as normas nacionais, realizou-se um ensaio de inflamabilidade na posição horizontal com seis amostras da espuma acústica senoidal do estúdio educacional do câmpus, conforme o especificado nas normas internacionais (5, 6), com os objetivos de: analisar as propriedades antichamas das amostras da espuma acústica senoidal instaladas nos estúdios da instituição, preservar o patrimônio público e a integridade física dos profissionais que trabalham nestes ambientes, e propor uma intervenção.

Melamina. (7) apresenta a melamina como um material adequado para ser utilizado na fabricação de espumas acústicas para contribuir com a segurança contra incêndio, pois ela apresenta uma particular resistência ao fogo, não produzindo chama autopropagante, como ocorre com as espumas orgânicas conhecidas, sendo um produto antichamas, resistente à alta temperatura, além de funcionar como isolante térmico e ter alta capacidade de absorção de som. Segundo (7), a espuma de melamina é conhecida por ser um dos melhores materiais acústicos em termos de absorção sonora, que possui uma estrutura muito porosa com ligamentos alongados finos, em alguns casos, pode ser visto como uma estrutura fibrosa, e a forma da seção transversal dos ligamentos de espuma de melamina é feita de triângulos côncavos. A melamina pertence à família dos plásticos termofixos e apresenta como vantagens: boa resistência a produtos químicos, impacto e calor, porém, é relativamente cara e não é reciclável (8). Embora geralmente as espumas acústicas feitas de melamina apresentem um preço mais alto, a melamina apresenta grandes vantagens nos quesitos de proteção a propagação de incêndio. A figura 1 mostra a microestrutura das fibras de melamina.



Figura 1. Microestrutura das fibras de melamina (9).

Normas e instruções técnicas. Na Instrução Técnica (10), as espumas acústicas são classificadas como materiais de revestimento no item 4.1.1, e como materiais termo acústicos no item 4.1.3. Por questões de segurança estes materiais devem apresentar propriedades antichamas e ter baixa emissão de gases tóxicos. Como outros materiais de revestimento, as espumas acústicas não devem apresentar riscos ocupacionais ao trabalhador durante o processamento e manuseamento da espuma pela liberação de fibras minerais. No entanto, é possível encontrarmos à venda espumas acústicas que não atendem às normas nacionais, muitas vezes, estas são importadas e não apresentam condições adequadas de segurança.

A Norma Regulamentadora (11) dispõe as regras de proteção contra incêndio nos ambientes laborais, e a Norma Brasileira (12) estabelece a determinação do índice de propagação superficial de chama, medindo sua velocidade de alastramento. A Norma Brasileira (13) especifica o método para determinação das características de queima (velocidade de combustão) em espumas flexíveis de poliuretano. Além disso, desde julho de 2013, as espumas acústicas devem também atender aos parâmetros de qualidade para habitações da Norma Brasileira (14), que estabelece padrões mínimos de isolamento acústico, conforto térmico, durabilidade dos materiais e segurança. Estes requisitos devem atender aos usuários da edificação, promovendo segurança, habitabilidade e sustentabilidade. A Norma Brasileira (14) estabelece para a edificação no item 5.1: segurança estrutural, segurança contra o fogo, segurança no uso e segurança na operação.

No Estado de São Paulo, a Instrução Técnica (15) estabelece as condições a serem atendidas pelos materiais de acabamento e de revestimento empregados nas edificações, desse modo, são restringidas a propagação de fogo e o desenvolvimento de fumaça em caso de incêndio. A Instrução Técnica (15), no item 5, estabelece o procedimento para o Controle de Materiais de Acabamento e de Revestimento (CMAR), que determina padrões para o não surgimento de condições propícias para a propagação de incêndios e geração de fumaça. O Controle de Materiais de Acabamento e de Revestimento é exigido, em razão da ocupação da edificação, da posição dos materiais de acabamento, materiais de revestimento e materiais termo acústicos,



aplicados em: pisos, paredes/divisórias, tetos/forros e coberturas. O item 6.2, da Instrução Técnica (15) determina que a responsabilidade do controle de materiais de acabamento e de revestimento nas áreas comuns e locais de reunião de público deve ser do responsável técnico, sendo a manutenção destes materiais de responsabilidade do proprietário ou responsável pelo uso da edificação.

A densidade óptica ocasionada pela fumaça é determinada pela norma (16), desta forma, é possível determinar o quão escura se encontra a fumaça em casos de incêndio, e qual rota de fuga apresenta a visibilidade menos prejudicada.

O Underwrites Laboratories (UL) é uma organização dos Estados Unidos da América que faz a certificação de produtos e de segurança. A norma (5) fornece a certificação responsável por padronizar os níveis de inflamabilidade dos materiais plásticos. Este ensaio é realizado em materiais que continuam a queimar e propagam a chama, após a retirada da chama inicial, um material polimérico é classificado como 94 HB quando a sua velocidade de queima está abaixo do valor mínimo especificado, seus parâmetros também são utilizados pela norma (6).

Materiais e métodos. A metodologia adotada neste trabalho foi uma pesquisa de natureza qualitativa, utilizando o método de um estudo de caso, realizado em um estúdio de um *campus* de uma instituição de ensino, localizada na cidade de São Paulo, combinando o uso de técnicas de observação participante com um ensaio de inflamabilidade realizado com amostras da espuma acústica do estúdio de gravação de videoaulas de Educação à Distância (EAD) de medidas aproximadas de 5,45 m x 5,45 m. A técnica de observação participante foi realizada no período do primeiro semestre de 2018, evitando o envolvimento pessoal e subjetividade em relação à instituição analisada, pois foi realizada uma análise baseada em critérios técnicos de segurança contra incêndio e na legislação vigente. A coleta de dados da observação participante foi baseada nas fotos do local para posterior comparação das situações no quesito proteção contra incêndio e no ensaio realizado com as amostras. A figura 01 mostra o estúdio no ano de 2015, antes da instalação das espumas acústicas senoidais, e a figura 02 mostra o estúdio em 2018, após a instalação das espumas acústicas senoidais e tecido de *chroma key*. A análise deste ambiente foi escolhida devido à facilidade de acesso de pesquisa e reflete a situação das instalações de outros *campi* que tiveram estúdios análogos instalados em suas dependências, podendo ser generalizada.



Figura 2. Estúdio de gravação em 2015 (4).



Figura 3. Estúdio de gravação em 2018.

No ensaio de combustão de classificação de queima horizontal (HB) da norma (5), o material deve queimar lentamente, após entrar em contato com a chama. O material ensaiado pode extinguir ou espalhar a chama, a velocidade de combustão não deve exceder 40 mm/min para materiais com parede de 3 mm até 13 mm de espessura, qualquer material que exceder estes limites não é enquadrado nas normas (5,6). Foram realizados dois ensaios, com três amostras da espuma acústica do estúdio cada, pois quando uma das amostras do conjunto de três testadas não atender aos requisitos da norma (5,6), outro conjunto de três amostras deve ser ensaiado. A medida de cada amostra é: $125 \pm 0,5$ mm de comprimento x $13 \pm 0,5$ mm de largura x $05 \pm 0,5$ mm de espessura, o comprimento da amostra deve permitir a eventual combustão até a marca de $100 \pm 0,5$ mm, conforme o especificado nas normas (5,6). Deve-se anotar o tempo para a combustão atingir a marca de $25 \pm 0,5$ mm e para atingir a marca de $100 \pm 0,5$ mm, caso a queima da amostra não atinja os comprimentos especificados, deve-se anotar o comprimento que foi danificado. O modelo de amostra é apresentado na figura 4.

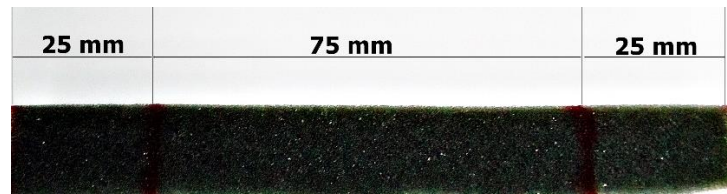


Figura 4. Amostra da espuma acústica retirada do estúdio.

As amostras foram submetidas a um ensaio de queima horizontal com chama azul de altura $20 \pm 0,5$ mm e 50 W, posicionada a $45 \pm 5^\circ$, de modo que a chama atinja a extremidade livre da amostra em 6 mm, durante 30 segundos cada. O intuito do ensaio foi verificar a velocidade de queima e a capacidade de extinção da chama nas amostras, conforme a figura 5.

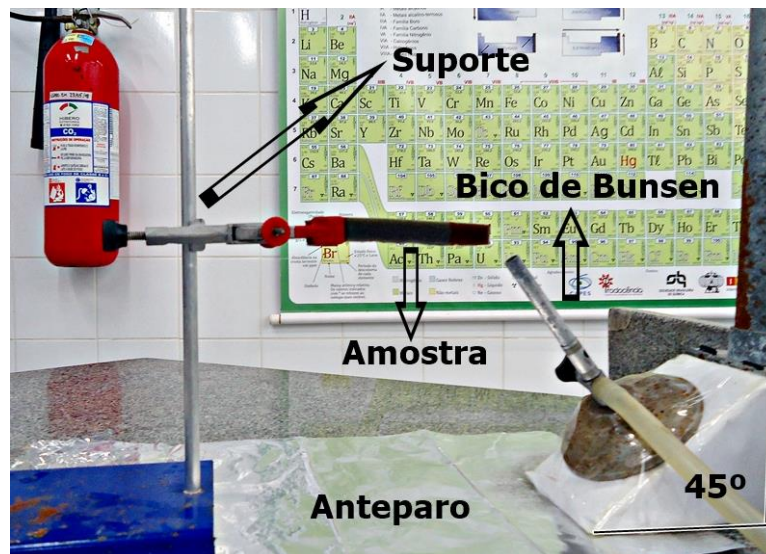


Figura 5. Ensaio de inflamabilidade horizontal

Ao entrarem em contato com a chama, as amostras agiram como o combustível, tendo o oxigênio como comburente, proporcionando a transferência de calor, fluindo do corpo com maior temperatura para o outro de menor temperatura, em virtude da diferença de temperatura entre ambos. Conforme mostra a figura 6.



Figura 6. Amostra da espuma acústica no momento de exposição à chama.

A velocidade de queima é determinada pela equação Eq.1.

$$Vq = 60S/t \quad (1)$$

Onde: “ Vq ” é a velocidade de queima, em milímetros por minuto; “ S ” é a extensão de progressão da chama, em milímetros; “ t ” é o tempo gasto para progressão da chama atingir a marca de $25 \pm 0,5$ mm, $100 \pm 0,5$ mm ou outra, dado em segundos.

Resultados. Todas as amostras com exceção de uma, entraram em combustão e apresentaram uma reação em cadeia que tornou a queima autossustentável até pelo menos a marca de $100 \pm 0,5$ mm quando expostas à chama, observou-se que houve produção de uma fumaça negra e que ocorreu um gotejamento de resíduos durante a queima, conforme mostra a figura 7.



Figura 7. Resíduos gerados pela combustão da amostra da espuma acústica no anteparo.



Os quadros 1, 2, 3 e 4 apresentam os dados obtidos com a queima das amostras nas marcas de 25 mm, 100 mm ou outra de extensões de progressão da chama; tempos gastos para progressão da chama atingir a marca de 25 mm, 100 mm, ou outra; e as velocidades de queima.

Quadro 1. Ensaio 01 de Queima Horizontal até a marca de $25 \pm 0,5$ mm.

Ensaio 01 de Queima Horizontal - UL 94 HB	S	t	Vq
Amostra 01	25 mm	6 s	250 mm/min
Amostra 02	25 mm	6 s	250 mm/min
Amostra 03	25 mm	7 s	214 mm/min
Amostra média	25 mm	6 s	238 mm/min

Quadro 2. Ensaio 01 de Queima Horizontal até a marca de $100 \pm 0,5$ mm.

Ensaio 01 de Queima Horizontal - UL 94 HB	S	t	Vq
Amostra 01	100 mm	24 s	250 mm/min
Amostra 02	100 mm	25 s	240 mm/min
Amostra 03	100 mm	27 s	222 mm/min
Amostra média	100 mm	25 s	237 mm/min

Quadro 3. Ensaio 02 de Queima Horizontal até a marca de $25 \pm 0,5$ mm.

Ensaio 02 de Queima Horizontal - UL 94 HB	S	t	Vq
Amostra 01	25 mm	7 s	214 mm/min
Amostra 02	25 mm	6 s	250 mm/min
Amostra 03	25 mm	7 s	214 mm/min
Amostra média	25 mm	7 s	226 mm/min

Quadro 4. Ensaio 02 de Queima Horizontal até a marca de $100 \pm 0,5$ mm.

Ensaio 02 de Queima Horizontal - UL 94 HB	S	t	Vq
Amostra 01	85 mm	22 s	232 mm/min
Amostra 02	100 mm	25 s	240 mm/min
Amostra 03	100 mm	26 s	231 mm/min
Amostra média	95 mm	24 s	234 mm/min

Nos resultados finais foram consideradas as médias aritméticas das amostras médias dos dois ensaios para a obtenção das velocidades de queima, extensões de progressão da chama e tempos gastos para atingirem as marcas de 25 mm e 100 mm.



Os resultados finais foram de aproximadamente: $V_{qm25} = 232 \text{ mm/min}$, com $Sm_{25} = 25 \text{ mm}$ e $tm_{25} = 6,5 \text{ s}$; $V_{qm100} = 235 \text{ mm/min}$, com $Sm_{100} = 98 \text{ mm}$ e $tm_{100} = 25 \text{ s}$.

Conclusão. Os resultados obtidos com os ensaios das amostras apontaram que as espumas acústicas utilizadas nos estúdios da instituição não apresentaram propriedades antichamas, conforme é determinado nas normas nacionais e legislação nacional e estadual contra incêndio. Todas as amostras ensaiadas espalharam a chama com velocidades de combustão superiores a 40 mm/min, portanto não puderam ser enquadradas nas normas (5,6). Uma das amostras extinguiu a queima na marca de $85 \pm 0,5 \text{ mm}$, não conseguindo completar a extensão de progressão da chama de $100 \pm 0,5 \text{ mm}$.

Espumas acústicas inflamáveis cobertas por um tecido *chroma key* também inflamável, apresentam alto risco em caso de incêndio. Esta situação torna-se mais crítica quando este risco é potencializado pelos demais riscos existentes no *campus* analisado, como por exemplo, problemas de irregularidades com a legislação nacional, estadual e municipal contra incêndio em itens como: sistema de hidrantes e mangueiras, alarmes, parte elétrica, sinalização e iluminação de emergência, manutenção, inspeção e correção dos equipamentos de segurança contra incêndio. Recomenda-se que juntamente com outras medidas de intervenção na segurança contra incêndio dos *campi*, sejam trocadas as espumas acústicas inflamáveis por espumas acústicas antichamas. Sugere-se aos órgãos da gestão democrática do *campus* e da instituição, respectivamente, o conselho de *campus* e o conselho diretor que abordem e coloquem em pauta o tema da gestão da segurança contra incêndio na instituição e analisem as medidas sugeridas nesta pesquisa, para que seja possível um planejamento da gestão dos recursos, que possa abarcar a prevenção contra incêndios nos estúdios dos *campi*.

Agradecimentos. Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - *campus* São Paulo e às Técnicas de Laboratório Adriana Moura Maia e Mônica H. de Araujo Faria que possibilitaram a utilização do Laboratório de Química para a realização dos ensaios.

Divulgação. O autor relata não haver conflitos de interesse neste trabalho.

Referências.

- (1) CERQUEIRA, J. et al. Novas perspectivas para utilização de meios e materiais em EAD. In: Congresso da Associação Brasileira de EAD (ABED), 2003. Disponível em: <<http://www.abed.org.br/congresso2003/docs/anais/TC116.pdf>>. Acesso em 25 jun. 2018.
- (2) HUBER, David Milles; RUNSTEIN, Robert E. Técnicas Modernas de Gravação de Áudio. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2011.
- (3) ESTADO DE SÃO PAULO. Decreto Estadual nº 56.819, de 2011. Institui o regulamento de segurança contra incêndio das edificações e áreas de risco no Estado de São Paulo. Disponível



em:<http://www.corpodebombeiros.sp.gov.br/dsci_publicacoes2/_lib/file/doc/dec_est_56819_10_MAR2011.pdf>. Acesso em 20 jun. 2018.

(4) SANTOS, Marco Aurélio Araujo dos. Educação e Gestão da Segurança Contra Incêndio: Estudo de Caso em Ambientes Audiovisuais de uma Instituição de Ensino Pública. Dissertação (Mestrado em Educação) Universidade Nove de Julho. São Paulo, 2018.

(5) UNDERWRITERS LABORATORIES INC (UL). UL-94: Test for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances. U.S.A: UL, 2001.

(6) DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (DIN). DIN IEC EN 60695-11-10: Test flames; 50 W horizontal and vertical flame test methods. Berlin:Beuth Verlag; 1999.

(7) CASTILLO J. COSTA A. UTN FRC. Características físicas de materiales absorbentes sonoros porosos. Cátedra Fundamentos de Acústica y Electroacústica, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina, 2012.

(8) LEFTERI, Chris. Materiais em Desing. São Paulo: Editora Blucher, 2015.

(9) C. Perrot, F. Chevillotte, R. Panneton. Bottom-up approach for microstructure optimization of sound absorbing materials. Journal of the Acoustical Society of America, Acoustical Society of America, 2008, 124 (2), pp. 940-948.

(10) CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. IT 03: Terminologia de segurança contra incêndio. São Paulo, 2018. Disponível em: <http://www.corpodebombeiros.sp.gov.br/dsci_publicacoes2/_lib/file/doc/it_03_2018.pdf>. Acesso em 20 jun. 2018.

(11) BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência Social. NR 23: Proteção contra Incêndio, 2011. Disponível em: < <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR23.pdf>>. Acesso em 20 jun. 2018.

(12) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9442: Materiais de construção - Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante. Rio de Janeiro, 1986.

(13) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9178: Espuma flexível de poliuretano - Determinação das características de queima. Rio de Janeiro, 2015.

(14) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15.575: Edificações habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

(15) CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. IT 10: Controle de Materiais de Acabamento e Revestimento. São Paulo, 2018. Disponível em: < http://www.corpodebombeiros.sp.gov.br/dsci_publicacoes2/_lib/file/doc/it_10_2018.pdf>. Acesso em 20 jun. 2018.

(16) ASTM INTERNATIONAL. ASTM E662-06: Standard Test Method for Specific Optical Density of Smoke Generated by Solid Materials, West Conshohocken, PA, 2006.