

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
NÍVEL MESTRADO**

MAIRA JANAINA OTT

**INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE PRODUTOS DE PROTEÇÃO PASSIVA AO
FOGO NO COMPORTAMENTO ACÚSTICO DE LÃ DE PET**

**São Leopoldo
2022**

MAIRA JANAINA OTT

**INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE PRODUTOS DE PROTEÇÃO PASSIVA AO
FOGO NO COMPORTAMENTO ACÚSTICO DE LÃ DE PET**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre ou em Engenharia Civil, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Orientador: Prof. Dr. Bernardo Fonseca Tutikian
Co-Orientadora: Prof.^a Dra. Maria Fernanda de Oliveira

São Leopoldo

2022

O89i

Ott, Maira Janaina.

Influência da aplicação de produtos de proteção passiva ao fogo no comportamento acústico de lã de pet / Maira Janaina Ott. – 2022.

96 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2022.

“Orientador: Prof. Dr. Bernardo Fonseca Tutikian

Co-Orientadora: Prof.^a Dra. Maria Fernanda de Oliveira.”

1. Absorção sonora. 2. Lã de PET. 3. Proteção passiva ao fogo. I. Título.

CDU 624

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Bibliotecária: Amanda Schuster – CRB 10/2517)

MAIRA JANAINA OTT

**INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE PRODUTOS DE PROTEÇÃO PASSIVA AO
FOGO NO COMPORTAMENTO ACÚSTICO DE LÃ DE PET**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre ou em Engenharia Civil, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Aprovado em 31 de maio de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Andrea Parisi Kern – Universidade do Vale do Rio dos Sinos

Prof. Daniel Tregnago Pagnussat – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

AGRADECIMENTOS À CAPES

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, professor Bernardo, e à minha coorientadora, professora Maria Fernanda, por todo auxílio, paciência e conhecimentos transmitidos.

Ao itt Performance, por apoiar os meus ensaios e por proporcionar um espaço para meu crescimento acadêmico, profissional e pessoal. Por todas as oportunidades e por todas as pessoas que me permitiu conhecer.

Aos amigos e colegas do itt Performance, em especial aos que ajudaram diretamente nesta pesquisa, Vanessa K., Rafael H., Lorenzo K., Bianca W., Fabricio C., Matheus D., Nicolas L., Matheus S., Amanda M., por disporem do seu escasso tempo para me auxiliarem nos ensaios, sempre receptivos e animados.

Ao Sérgio K., colega com quem dividi a linha de pesquisa, por toda ajuda e parceria. Ao Vinicius M. e Maurício R., por compartilharam comigo os desafios, aflições e alegrias da caminhada acadêmica no nível do mestrado.

Aos professores que compartilharam seu conhecimento comigo, em especial, Andreia K., Fabricio B. e Roberto C.

À CAPES por financiar este trabalho e por incentivar a pesquisa no Brasil.

À empresa CKC Brasil, que aceitou fornecer e aplicar os produtos de proteção passiva ao fogo nas amostras, para que essa pesquisa fosse viável.

À empresa Giner, por realizar os ensaios de determinação do coeficiente de absorção sonora, o que foi de suma importância para a conclusão do programa experimental.

À empresa Planalto Têxtil, que aceitou fornecer as mantas de lã de PET.

Aos meus pais, João e Renita, por sempre apoiarem os meus estudos e me ensinarem desde cedo, o valor da educação.

Ao Michel e à minha avó Ilka, pelo carinho, paciência e compreensão pelas minhas ausências.

Às minhas amigas, Gabriela K., Gabriela L., Fernanda P. e Bruna F., por estarem sempre ao meu lado, me dando apoio e motivação e entenderem as minhas ausências quando necessário.

Aos meus colegas da secretaria de planejamento da prefeitura municipal de Nova Petrópolis, em especial à Cristhie L., por entenderem as minhas faltas e me apoiarem na etapa final do mestrado.

À Deus, pela vida.

FONTES DE FINANCIAMENTO DA PESQUISA

itt Performance – Instituto Tecnológico em Desempenho e Construção Civil



CKC do Brasil



PROTEÇÃO PASSIVA CONTRA O FOGO

Ginner



Planalto Têxtil



RESUMO

Os materiais de acabamento e revestimento da construção civil devem atender a critérios técnicos que visam, prioritariamente, a segurança dos usuários. Nesse contexto, os materiais empregados para melhora da qualidade acústica de ambientes devem ter como premissa básica o cumprimento de legislações e referências normativas que definem a adequada classificação para a segurança contra incêndio em ambientes internos. Posto isto, esta pesquisa teve por objetivo realizar uma análise sobre a influência da aplicação de revestimentos superficiais de proteção passiva ao fogo, no comportamento da absorção sonora de manta de lã de PET 100%, material fibroso já estudado e validado como bom absorvedor acústico. Os revestimentos superficiais de proteção passiva ao fogo foram tinta intumescente para espumas acústicas, aplicado na lã de PET, e retardante de chamas para tecido para o tecido de poliéster 100%. O substrato, a manta de lã de PET, foi utilizado em duas composições: na espessura de 60 mm e densidade 20 kg/m³ e na espessura de 60 mm e densidade de 30 kg/m³. Para alcançar o objetivo proposto, foi realizada uma pesquisa experimental para obtenção dos coeficientes de absorção dos materiais com e sem a aplicação de produtos de proteção passiva ao fogo, através de ensaio de tubo de impedância, conforme procedimento da norma ISO 10534-2. Ademais, foram realizados ensaios de ignitabilidade, conforme as prescrições da ISO 10534-2:1998, nos materiais com e sem proteção passiva ao fogo. Aplicado o proposto, verificou-se que as amostras de lã de PET crua e as amostras de lã de PET com tecido com retardante sofreram ignição, enquanto, as amostras com tinta intumescente não tiveram ignição. Quanto ao coeficiente de absorção sonora, foram comparadas as amostras com e sem aplicação de tinta intumescente e verificou-se que a perda de absorção sonora é maior nas medias e altas frequências, representando, no pior caso, uma diferença de $\alpha_s=0,11$ na manta mais densa. Contudo, identificou-se que a diferença de densidade dos materiais ensaiados é mais significativa do que a presença ou não do revestimento de proteção passiva ao fogo.

Palavras-chave: absorção sonora; lã de PET; proteção passiva ao fogo.

ABSTRACT

The finishing and coating materials for civil construction must meet technical criteria aimed, primarily, at the safety of users. In this context, the materials used to improve the acoustic quality of environments must have, as a basic premise, the compliance with legislation and normative references that define the appropriate classification for fire safety in internal environments. That said, this research aimed to perform an analysis on the influence of the application of passive fire protection surface coatings, on the sound absorption behavior of 100% PET wool, a fibrous material already studied and validated as a good acoustic absorber. The passive fire protective surface coatings were intumescent paint for acoustic foams, applied to PET wool, and flame retardant fabric to 100% polyester fabric. The substrate, the PET wool, was used in two compositions: in the thickness of 60 mm and density of 20 kg/m³ and in the thickness of 60 mm and density of 30 kg/m³. To achieve the proposed objective, experimental research was carried out to obtain the absorption coefficients of materials with and without the application of passive fire protection products, through impedance tube testing, according to the procedure of the ISO 10534-2 standard. In addition, ignitability tests were carried out, in accordance with the requirements of ISO 10534-2:1998, on materials with and without passive fire protection. Applying the proposal, was found that the samples of raw PET wool and the samples of PET wool with fabric with retardant suffered ignition, while the samples with intumescent paint did not have ignition. As for the sound absorption coefficient, the samples with and without the application of intumescent paint were compared and was found that the loss of sound absorption is bigger in the medium and high frequencies, representing, in the worst case, a difference of $\alpha_s=0,11$, in the densest wool. However, was identified that the density difference of the tested materials is more significant than the presence or absence of the passive fire protection coating.

Keywords: sound absorption; PET wool; intumescent paint; passive fire protection.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	16
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 Objetivo geral	17
1.2.2 Objetivos específicos	17
2 MATERIAIS FONO-ABSORVENTES EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO	18
2.1 ASPECTOS GERAIS DA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO	28
2.2 REVESTIMENTOS DE PROTEÇÃO PASSIVA AO FOGO.....	32
2.3 MATERIAIS PARA CONDICIONAMENTO ACÚSTICO	34
3 PROGRAMA EXPERIMENTAL	42
3.1 ETAPA I: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS MATERIAIS	43
3.1.1 Materiais substrato	43
3.1.1.1 Lã de PET	43
3.1.1.2 Tecido de poliéster	44
3.1.2 Produtos de proteção passiva ao fogo	44
3.1.2.1 Tinta intumescente para espuma acústica	45
3.1.2.2 Retardante de chamas para tecidos.....	46
3.1.3 Caracterização dos materiais	47
3.2 ETAPA II: PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS	48
3.3 ETAPA III: ENSAIOS.....	50
3.3.1 Ensaio de determinação do coeficiente de absorção sonora em tubo de impedância	50
3.3.2 Ensaio de ignitabilidade através do método da pequena chama	52
4 RESULTADOS	56
4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS PAINÉIS DE LÃ DE PET.....	56
4.2 REAÇÃO AO FOGO	57
4.3 COEFICIENTES DE ABSORÇÃO SONORA.....	61
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
REFERÊNCIAS	67
APÊNDICE A – RESUMO DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS DE IGNITABILIDADE	75
APÊNDICE B - RESUMO DOS RESULTADOS DE ABSORÇÃO SONORA	77

ANEXO A – FICHA DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO - CKC-333®.....	79
ANEXO B – FICHA TÉCNICA – CKC-333®.....	82
ANEXO C – FICHA DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO - CKC-2020®.....	84
ANEXO D – FICHA TÉCNICA – CKC-2020®.....	95

1 INTRODUÇÃO

A insuficiência de desempenho acústico é tema recorrente em edificações e a fim de solucionar esse problema, se propõe o estudo da acústica de salas, que apresenta soluções para ambientes com desempenho insuficiente. Uma dessas soluções é a aplicação de materiais de absorção porosos, onde estão incluídos os fibrosos, como materiais de acabamento e/ou revestimento. (COX; D'ANTONIO, 2017).

Os produtos utilizados em uma edificação com a finalidade de revestimento e acabamento precisam atender a vários requisitos de desempenho, como de segurança contra o fogo, durabilidade e de funcionalidade. Muitos dos materiais empregados não possuem somente função estética, mas procuram qualificar alguma característica da edificação, como o desempenho acústico, térmico ou lumínico. O uso desses materiais vem crescendo no Brasil, evidenciando a importância de se ter materiais caracterizados em todas as áreas pertinentes, a fim de garantir a segurança da edificação e do usuário final. (RIZZO et al., 2015).

Apesar de existirem leis e referências normativas que definem as classes de reação ao fogo desses materiais, e de haver no mercado uma variedade de produtos de proteção passiva contra fogo, soluções incorporadas ao sistema construtivo ou a materiais de construção civil para que estes sejam resistentes ao fogo, pouco se sabe sobre a influência da aplicação desses revestimentos na absorção sonora dos substratos. É preciso atentar aos impactos da aplicação de revestimentos superficiais e a mudança do comportamento acústico do material.

Sendo assim, é possível afirmar e garantir que o material tratado quanto à segurança ao incêndio continua com as mesmas características acústicas que possuía originalmente? Pode ser aplicado da mesma forma ou implica um condicionamento acústico falho e o não atendimento das expectativas do usuário?

A curva de absorção sonora de um material tem seu comportamento atrelado, entre outras coisas, à superfície de aplicação do material, e em função da aplicação de tintas ou outros materiais sobre os elementos absorvedores. (PATRÍCIO, 2018; EGAN, 2007; CARVALHO, 2006).

A bibliografia apresenta estudos que indicam modesto ganho de desempenho nas baixas frequências e perda de desempenho nas medias e altas frequências,

devido à interação físico-química do material substrato e do revestimento aplicado em forma de tintas e retardantes contra fogo.

A fim de verificar essa hipótese, se propõe este estudo, utilizando como substrato a manta de lã de PET. O PET é um material obtido por recursos não renováveis, com alto consumo de energia para produção e com grande potencial poluidor do meio ambiente. Porém, ele possui alta possibilidade de reinserção na cadeia produtiva, por ser reciclável. Um dos produtos que surge a partir dessa iniciativa é a manta de lã de PET, material fibroso, proveniente de resíduos, sustentável e com grande capacidade de absorção sonora. (MWANZA; MBOHWA, 2017; KLIPPEL FILHO et. al, 2017; DEL REY et al., 2011; PATNAIK, 2015; KÜCÜK; KORKMAZ, 2015).

Seguindo uma linha de pesquisa que tem por objetivo produzir, caracterizar e tornar a lã de PET atrativa e competitiva no mercado da construção civil brasileira, este estudo pretende dar continuidade e verificar se, e como, o produto pode se tornar seguro no que se refere à segurança contra incêndio. Klippel Filho (2021) iniciou a linha de pesquisa, produzindo as mantas e caracterizando o seu desempenho acústico no formato de painéis e *baffles*.

Posto isto, a realização deste trabalho é justificada pela continuidade da pesquisa com o a manta de lã de PET, material com grande potencial de uso na e que já apresentou resultados satisfatórios e comparáveis com outros materiais acústicos fibrosos disponíveis no mercado. (RUSSELL; SMITH, 2016; SINGH; MUKHOPADHYAY, 2016).

1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

São expostas as limitações da pesquisa experimental, como sendo:

a) Ensaio para determinação do coeficiente de absorção acústica: Para o ensaio foi utilizado o método do tubo de impedância devido à pequena quantidade de material substrato e dificuldade de adquiri-lo. Ou seja, pela quantidade de material disponível não seria possível optar pelo método da câmara reverberante.

b) Ensaio de ignitabilidade: Conforme explicado no item a), a falta de material suficiente para ensaios que exigiram amostras grandes impossibilitou o ensaio de SBI (Single Burning Item).

c) Nem todos os materiais analisados no ensaio de ignitabilidade foram ensaiados para determinação do coeficiente de absorção. Após os ensaios de ignitabilidade, por questões de custo e logística, foi optado por ensaiar no tubo de impedância o material que não sofreu ignição, ou seja, somente a lã de PET com aplicação de tinta intumescente.

d) A tinta intumescente utilizada nesta pesquisa é usualmente aplicada por meio do processo de pulverização e assim foi realizado nas amostras, pelo fabricante. Isso faz com que o revestimento do retardante entre as amostras não seja homogêneo, o que cria a hipótese de interferir nos resultados dos ensaios.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Realizar uma análise sobre a influência da aplicação de produtos de proteção passiva (revestimentos superficiais), na forma de tintas e retardantes, no comportamento da absorção sonora de manta de lã de PET.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) determinar a capacidade de absorção sonora dos materiais antes e após a aplicação de revestimentos superficiais de proteção passiva;
- b) verificar a capacidade de ignitabilidade dos materiais antes e após a aplicação de revestimentos superficiais de proteção passiva.

2 MATERIAIS FONO-ABSORVENTES EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO

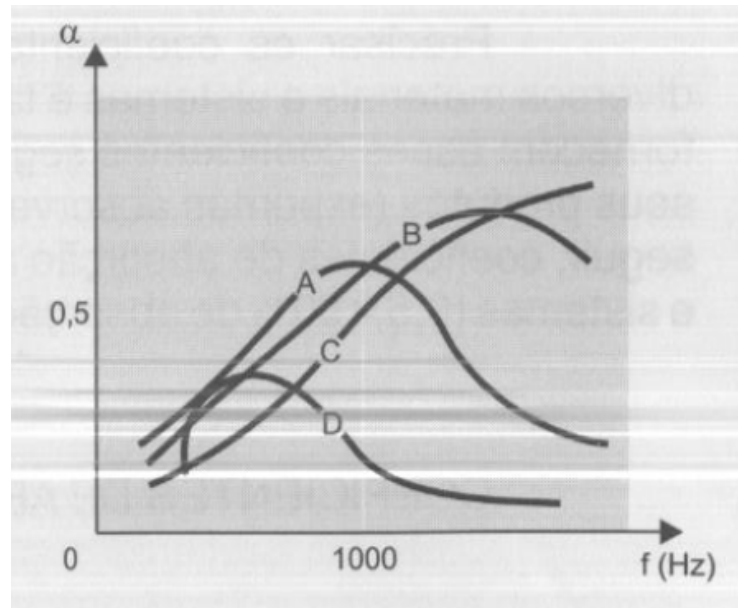
Os produtos com a finalidade de revestimento e acabamento utilizados em uma edificação precisam atender vários requisitos de desempenho, como de segurança contra o fogo, durabilidade e desempenho térmico e acústico. (RIZZO et al., 2015).

Muitos dos materiais empregados em revestimentos de ambientes internos não possuem somente função estética, mas também podem qualificar as condições acústicas de salas. Do ponto de vista compositivo, pode-se notar um aumento na procura por materiais que atendem requisitos estéticos relacionados à sustentabilidade, a partir do uso de fibras naturais, materiais reciclados e/ou reutilizados. Esses materiais podem atender plenamente alguns dos critérios para o uso no condicionamento acústico, no entanto, os critérios de segurança devem ser prioritariamente atendidos. (ASDRUBALI; D'ALESSANDRO; SCHIAVONI, 2015).

Grande parte dos materiais utilizados na correção acústica são à base de polímeros, que são caracterizados por entrarem facilmente em combustão. Para solucionar esse problema, são adicionados compostos químicos que alteram e atrasam esse processo inicial de flamabilidade e ignitabilidade de um material. Esses compostos têm, basicamente, elevado calor específico, ou seja, precisam de grandes quantidades de calor para aumentar a sua temperatura. (WILKIE; MORGAN, 2010).

A Figura 1 apresenta o efeito da aplicação de tintas e a mudança do comportamento acústico do material, de acordo com Carvalho (2006).

Figura 1 – Comportamento acústico de material fibroso com aplicação de tinta



Legenda: A – material sem aplicação de tinta; B – pistola 1 aplicação; C – rolo 1 aplicação;
D – rolo 2 aplicações.

Fonte: Carvalho (2006).

Patrício (2018) cita que em materiais porosos é desaconselhável aplicar tintas que, por fenômenos de capilaridade, poderão anular a eficácia da absorção acústica ao diminuir a porosidade do material. Egan (2007) sugere tingir levemente ao invés de pintar os materiais porosos, porque a pintura pode diminuir seriamente a eficiência de absorção do som ao obstruir as aberturas. Ele explica ainda, que uma solução pode ser a aplicação da pintura em spray, por proporcionar um revestimento mais fino do que pincéis ou rolos.

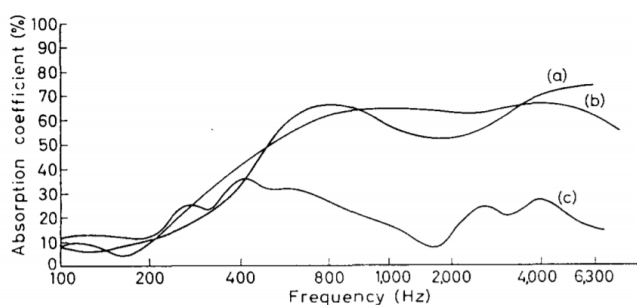
Conforme explicam Horrocks e Price (2008), a retardância de chamas em materiais têxteis pode ser alcançada de três formas: uso de fibras com retardante de chamas (fibras de alto desempenho), alteração química do material e tratamento superficial. O desempenho necessário de um material têxtil e o nível de segurança aceitável devem ser compatíveis com os cenários de incêndio possíveis, considerando-se o uso do material. Muitos fatores, como teor de fibra ou mistura de fibras, massa e estrutura do tecido, acabamentos e design, podem afetar a flamabilidade de produtos têxteis. (HORROCKS; PRICE, 2008).

Os elevados riscos de incêndio apresentados pelos têxteis, são consequência da elevada área superficial das fibras presentes que estão expostas ao oxigênio do ambiente. (HORROCKS; PRICE, 2008). Como os materiais têxteis são usados em uma ampla gama de aplicações e em muitos setores produtivos, a relevância do uso de retardante de chamas é de extrema importância para a segurança contra incêndio dependendo do risco e da demanda regulatória.

Um estudo feito em 1968, pelos pesquisadores Price e Mulholland, demonstrou que para todos os materiais ensaiados (“lã” de madeira com revestimento de gesso *k-in*, feltro, espuma de poliuretano e telhas de poliestireno), a tinta alterou as características de absorção acústica, tendo um efeito prejudicial sobretudo, nos materiais com poros abertos em suas superfícies. Nestes casos, os autores sugerem que a superfície seja primeiramente coberta com placa perfurada, para que esta receba a tinta.

Ainda no estudo de Price e Mulholland (1968), foi observada uma melhora nas baixas frequências e uma redução nas médias e altas frequências, explicado pelo fato de que quanto mais porosa a superfície do material, mais drástico se torna o efeito da tinta simplesmente devido ao bloqueio das passagens do material. Na Figura 2, está apresentado o resultado do estudo para a espuma de poliuretano. Baseado nesses resultados, para materiais porosos, os autores recomendam a aplicação de tintas bem diluídas (à base de água) com uso de pistola de pulverização.

Figura 2 - Efeito da tinta aplicada com pincel e com pistola sobre espuma de poliuretano



(a) Sem aplicação de tinta; (b) uma demão de tinta pulverizada; (c) uma demão de tinta aplicada com pincel.

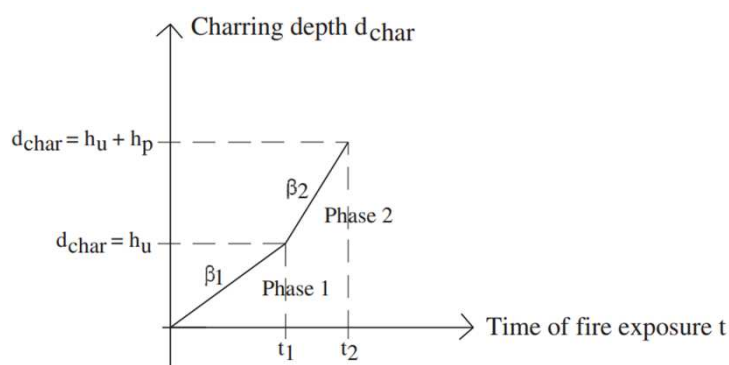
Fonte: Price e Mulholland (1968).

Frangi, Fontana e Schleifer (2005) estudaram o comportamento de painéis perfurados de madeira para uso no condicionamento acústico. Esse tipo de dispositivo é caracterizado como ressonador de Helmholtz, que atua nas bandas de baixas e médias frequências, com a cavidade preenchida com material fonoabsorventes. Os autores ponderam que do ponto de vista da segurança contra incêndio, as perfurações desse tipo de dispositivo são desfavoráveis, pois aumentam a área de superfície exposta ao fogo e facilitam uma maior penetração de calor na zona de queima. Isso pode levar a um aumento da taxa de queima em comparação com superfícies de madeira maciça de elevada densidade. Quatro configurações acústicas diferentes comumente usadas foram estudadas sob exposições padrão ao fogo de 30 e 60 min.

Os testes de incêndio mostraram que a penetração do fogo nas cavidades dos elementos ocos pode ser evitada, se a camada acústica perfurada e os absorvedores de som colocados atrás dela forem suficientemente espessos. Para a maioria das perfurações acústicas testadas, uma camada acústica perfurada de 31 e 50 mm de espessura combinada com 2 isolantes acústicos de 20 mm feitos de painéis de fibra de madeira atendeu a esse requisito para uma resistência ao fogo de 30 e 60 min, respectivamente. (FRANGI; FONTANA; SCHLEIFER, 2005).

Os autores identificaram que existem duas fases de carbonização desses painéis, sendo β_1 a primeira fase que depende do tamanho e posição das perfurações no painel, bem como da espessura do próprio painel; e β_2 , a segunda fase, que é influenciada pela espessura dos montantes em que são fixados os painéis, que funcionam como limitadores das dimensões das cavidades internas do ressonador de Helmholtz (Figura 3). Nesse sentido, as perfurações redondas de pequeno e médio porte, entre 9 mm e 20 mm, apresentam menores taxas de carbonização. Por outro lado, ocorreu um aumento da taxa de carbonização para os elementos com perfurações redondas de grande porte, 30 mm, e perfurações em forma de fendas. (FRANGI; FONTANA; SCHLEIFER, 2005).

Figura 3 - Fases de carbonização dos painéis perfurados de madeira com cavidade preenchida por material fibroso



Fonte: Frangi, Fontana e Schleifer (2005)

Fatima e Mohanty (2011), estudaram as propriedades acústicas e de flamabilidade da juta, fibra natural biodegradável e facilmente descartável, e seu compósito para redução de ruído em eletrodomésticos, aplicações automotivas e arquitetônicas. As propriedades acústicas da fibra de juta e do feltro (compósito de juta e látex de borracha natural) foram medidas em termos de coeficiente de absorção sonora específico normal e de perda de transmissão sonora, enquanto os testes de retardamento de fogo incluíram limitação de oxigênio, propagação de chama e teste de densidade de fumaça.

Os resultados ilustram que a juta de baixa densidade é um melhor absorvedor de som em comparação com o material de juta de alta densidade. Além disso, o compósito de juta e látex de borracha natural fornece maior valor de classe de transmissão de som do que o feltro/tecido de juta. Os resultados também foram comparados com fibra de vidro sintética, não biodegradável, disponível comercialmente, e foi verificado que o valor do coeficiente de redução de ruído e a classificação da classe de transmissão de som do feltro de juta e látex de borracha natural, são comparáveis aos da fibra de vidro popular. Testes de retardamento de fogo mostram o alto valor de índice de oxigênio limitante do compósito em comparação com painéis de fibra e outros materiais naturais de absorção de som, além de baixa densidade de fumaça e baixa absorção de luz em relação à fibra de vidro, bem como capacidade de auto extinção de incêndio. (FATIMA; MOHANTY, 2011).

Oliveira, Moreno Junior e Vieira (2017), citam em seu estudo, que as tintas intumescentes não modificam as propriedades intrínsecas do substrato, como características mecânicas, porém, não há evidências sobre outras características, como, por exemplo, alteração na capacidade de absorção ou reflexão acústica do material.

Na pesquisa de Lyu et al. (2020), foi abordado o problema da reciclagem de fibras residuais para a confecção de revestimentos para paredes. Os autores analisaram revestimentos tecidos e não tecidos preparados com resíduos de fibras de lã e de fibras de poliamida. Foram analisadas variáveis de comprimento da fibra, temperatura de prensagem a quente, fração de massa das fibras de lã reaproveitadas, densidade de massa aparente, espessura dos materiais e espessura da camada de ar nas propriedades de absorção sonora. Nas condições tecnológicas otimizadas, o coeficiente de absorção sonora ponderado foi superior a 0,91 e o coeficiente de redução de ruído foi de 0,56. Para atender aos requisitos de resistência ao fogo dos materiais da indústria da construção, as condições ideais da fabricação foram as seguintes: concentração de fluotitanato de potássio de 8%, tempo de tratamento de 40 min e tratamento a temperatura de 80°C. O LOI foi usado para medir a propriedade retardante de chama. Quando o índice limite de oxigênio foi de 22% a 25%, o material apresentou a propriedade de auto extinção; quando o índice de oxigênio limite foi de 26%, o material foi retardador de chama e a propriedade retardadora de chama ainda existiu quando o índice de oxigênio limite atingiu 30%.

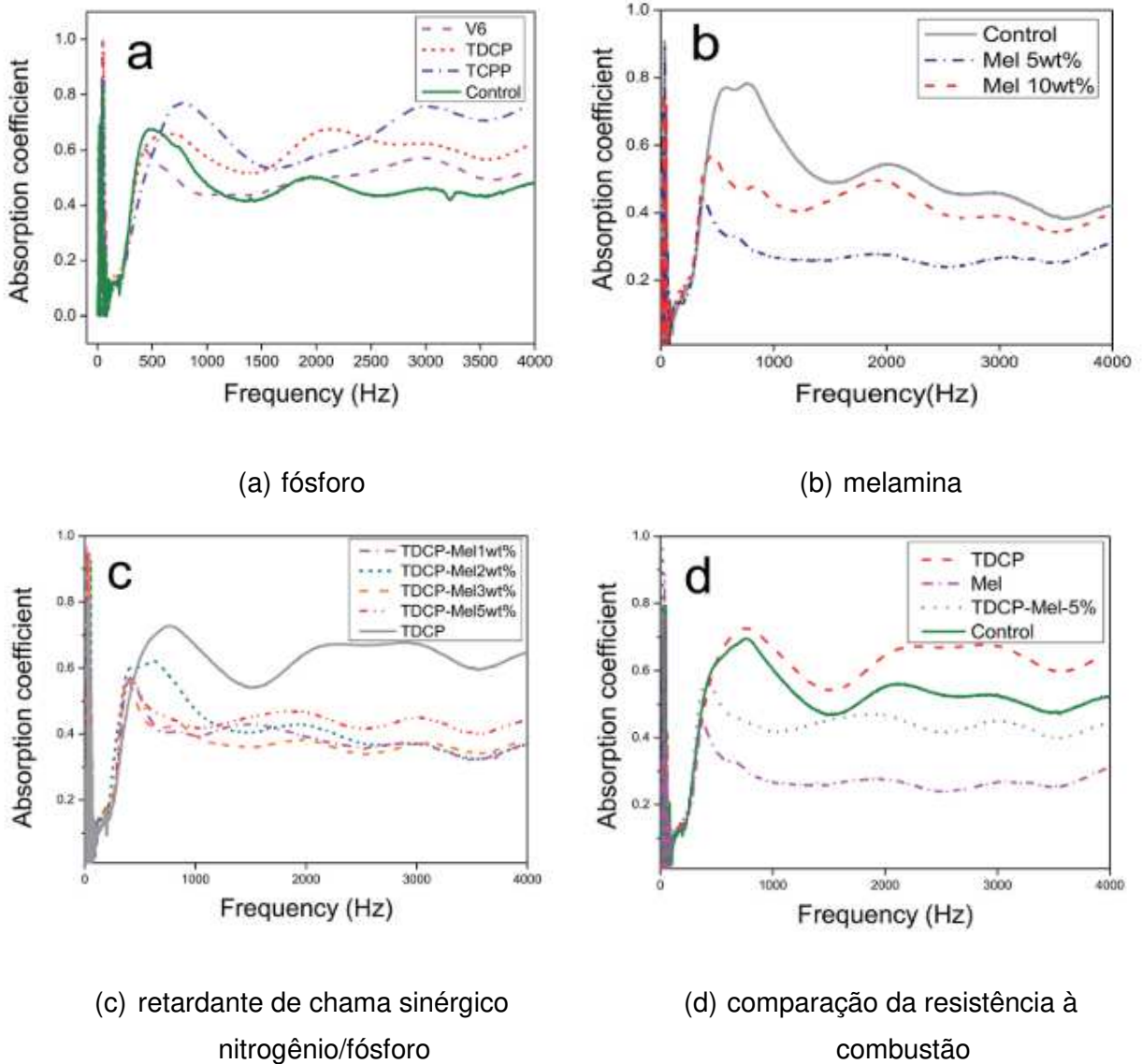
O índice de oxigênio limite do tecido de parede não tecido foi de 32,5%. Nos tecidos produzidos com fibras de lã residual, foram utilizados complexos metálicos para realizar o tratamento retardador de chama. Quando o TiF62 é combinado com fibras de lã e hidrolisado em TiOF2 sob a ação da lavagem com água, o flúor se decompõe após ser aquecido e queimado. O efeito retardante de chama das fibras de lã residual depende do TiOF2, que cobre a superfície das fibras e impede a combinação total com o oxigênio durante a combustão e inibe uma grande quantidade de liberação de gás combustível, obtendo assim o efeito retardador de chama. O LOI dos tecidos com fibra de lã residual foi de 24% a 26%. (LYU et al., 2020).

Em comparação com uma espuma de poliuretano rígida, uma espuma de poliuretano flexível (FPUF) tem aplicações mais diversificadas, incluindo filtragem,

absorção de som, à prova de vibração, decoração, embalagem e isolamento térmico. No entanto, seu perigo mais potencial é a flamabilidade. Portanto, o estudo de Li et al. (2019), foi concentrado em melhorar o retardamento de chama e, em seguida, testar a absorção sonora com a adição de retardadores de chama sinérgicos de nitrogênio/fósforo. A influência de retardantes de chama à base de fósforo (TCPP, TDCP e V6) e de retardante de chama sinérgico nitrogênio/fósforo (melamina-TDCP) na microestrutura do FPUF, foi sistematicamente explorada através da tensão de compressão, absorção de som, estabilidade térmica e retardamento de chama.

A presença de retardadores de chama à base de fósforo melhorou a absorção sonora, mas diminuiu consideravelmente as propriedades mecânicas. O retardante de chama composto de melamina-TDCP forneceu células menores e, assim, aumentou a propriedade de compressão da espuma resultante. Além disso, com maior teor de melamina, a temperatura inicial de perda de massa também aumentou. Em particular, ao usar TDCP e 5% em peso de melamina como retardantes de chama, a tensão de compressão aumentou 3,4 vezes, o coeficiente médio de absorção de som foi de 0,45 e o LOI atingiu 25,5, o que atendeu aos requisitos de materiais industriais retardadores de chama/absorventes de som. Esta espuma de poliuretano flexível retardante de chama/absorvente de som resultante, pode servir como material de colchão e almofada de móveis, material de almofada de assento de veículo e forro para compósitos laminados. (LI et al., 2019). Os resultados do estudo estão apresentados na Figura 4.

Figura 4 - Absorção sonora de compósito de FPUF



Fonte: Li et al. (2019).

Liu, Xuejia e Yu (2015), também estudaram a espuma de poliuretano, mais especificamente a espuma rígida de poliuretano soprado com água (RPUF). Na pesquisa, foi produzida espuma com e sem aditivos retardadores de fogo, os quais foram: polifosfato de amônio (APP) e dimetilfosfonato (DMMP). Foi estudado o efeito desses aditivos nas propriedades do RPUF, como físico-mecânicas, morfológicas, índice de oxigênio limite e densidade de fumaça.

As propriedades mecânicas como resistência à compressão e resistência à tração do RPUF com aditivos, foram inferiores às do RPUF puro. A propriedade retardante de chama do RPUF com aditivos foi melhorada em relação ao RPUF

puro. O LOI do RPUF aditivado com DMMP foi maior que o do RPUF aditivado com APP. No entanto, o RPUF com APP emanou menor quantidade de fumaça em comparação com o RPUF com DMMP. Além disso, foi vista menor liberação de densidade máxima de fumaça do RPUF com APP em comparação com o RPUF aditivado com DMMP. (LIU; XUEJIA; YU, 2015).

Novos compósitos à base de fibras porosas ultraleves são um assunto muito atraente na química de materiais e são capazes de prometer aplicações nos campos de absorção de som. No trabalho de Xu et al. (2020), foi relatada uma estratégia fácil para preparar os compósitos à base de fibras porosas ignífugas, absorventes de som e de aprimoramento mecânico (PFC-EM-x), usando fibra de celulose natural, fibra de vidro e retardante de chama. Posteriormente, as microesferas expansíveis (EMs) foram adicionadas para construir a microestrutura porosa bem definida dos materiais, para melhorar o desempenho de absorção de som.

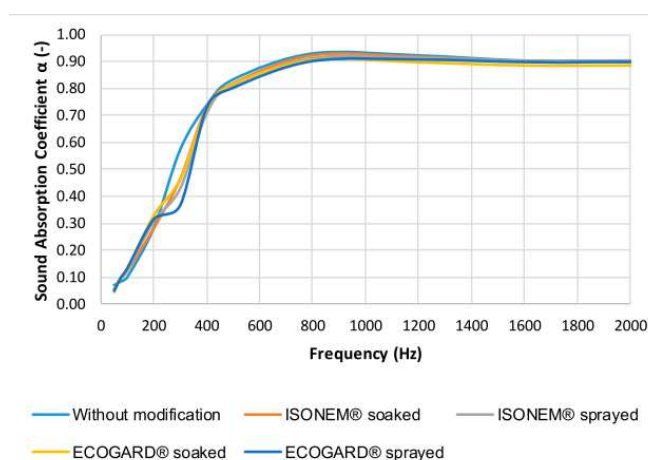
Os resultados demonstraram que os altos teores de EMs tiveram uma influência notável na estrutura porosa dos compósitos, de modo que os compósitos alcançaram excelente desempenho de absorção de som e propriedades mecânicas aceitáveis em comparação com outros materiais relatado. Especialmente o compósito PFC-EM-20, apresentou excelente absorção de som em uma faixa de altas frequências, com o coeficiente de absorção de som máximo de 0,78 e resistência à tração de 1,07 kN/m. Além disso, os valores limitantes do índice de oxigênio de todas as amostras foram superiores a 26, o que indicou que os compósitos PFC-EM-x obtidos apresentaram excelente retardância à chama. (XU et al., 2020).

Placas de partículas leves à base de poliestireno expandido com retardantes de chama (EPS-PBs), que têm potencial uso para enchimento de painéis na construção civil, foram estudadas por Lu et al. (2021). A caracterização da inflamabilidade usando um índice de oxigênio limitante e testes de calorimetria de cone revelaram uma resistência ao fogo significativamente melhorada. Foi demonstrado que o efeito de diluição do gás e a formação de carvão denso, respondem ao aumento da propriedade retardante de chama. Enquanto isso, as amostras de EPS-PBs levaram a um aumento de 109,1% nos coeficientes médios de absorção sonora e de 31,9% nos coeficientes de condutividade térmica, comparados com o EPS puro.

Danihelová et al. (2021), apresentam os resultados de uma investigação das propriedades acústicas e termo físicas de painéis isolantes fabricados a partir de têxteis técnicos reciclados provenientes da indústria automóvel. As medições foram realizadas nas amostras de painéis isolantes Senizol AT XX2 TL60, que foram modificados com retardadores de chama líquidos: ISONEM® ANTI-FIRE SOLUTION, ECOGARD® B45 e HR Prof. Outro método de tratamento foi realizado por aplicação superficial de revestimento não inflamável (fibra de carbono tecida e fibra de carbono não tecida). Os retardantes foram aplicados às amostras por pulverização de superfície ou por imersão.

Os resultados, apresentados na Figura 5, mostraram uma alta capacidade do material em absorver som na faixa de frequência de 350 Hz–2 kHz. O coeficiente de absorção sonora variou de 0,82 a 0,9 na faixa de frequência de 500 Hz–2 kHz. O coeficiente de redução de ruído foi 0,75. Após a modificação do material com os retardantes de chama, não houve alteração significativa da absorção sonora. O coeficiente de condutividade térmica do material antes da modificação era de 0,038 W·m⁻¹·K⁻¹. Após a aplicação dos retardadores de chama, o coeficiente de condutividade térmica aumentou dependendo do tipo e método de aplicação do retardante na faixa de 2,6 a 105,3%. A menor alteração foi detectada após a modificação do material com ECOGARD® B45. (DANIHELOVÁ et al., 2021).

Figura 5 - Coeficiente de absorção sonora de Senizol AT XX2 TL60 com e sem aplicação de retardantes de chamas



Fonte: Danihelová et al., 2021.

2.1 ASPECTOS GERAIS DA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

Um incêndio apresenta riscos à vida humana, considerada preocupação prioritária, além de ocasionar danos materiais, como o comprometimento da estrutura da edificação e perdas de bens presentes nela, além da interrupção de possíveis atividades econômicas que ocorriam naquele lugar.

Se tratando da segurança contra incêndio, existem os meios de proteção passiva e os meios de proteção ativa.

- a) Ativa: são equipamentos e instalações prediais que serão acionados em caso de emergência, de maneira automática ou manual, como sprinklers, hidrantes, extintores, detectores de fumaça e calor, iluminação de emergência, controle e exaustão de fumaça, brigada de incêndio. (SILVA, 2019; SEITO et al., 2008).
- b) Passiva: são medidas implantadas na edificação que não necessitam de acionamento para seu funcionamento, como a compartimentação, rotas de fuga, acessibilidade ao local e materiais de proteção térmica. (SEITO et al., 2008).

Uma vez iniciada a fase de ignição, o desenvolvimento do incêndio depende da reação ao fogo dos materiais utilizados na edificação. A evolução de um incêndio está diretamente ligada à quantidade e à razão de liberação do calor pelo conteúdo da edificação. (MOREIRA, 2002).

Nesse sentido, o controle dos materiais de acabamento e de revestimento (CMAR) empregados em uma edificação é de extrema importância. As consequências mais diretas desse controle de materiais de acabamento e de revestimento, através da escolha de um material adequado, são a minimização da velocidade de propagação das chamas e a restrição da propagação de fumaça em caso de incêndio, proporcionando o tempo necessário para o escape mais seguro dos usuários. (COUTINHO; CORRÊA, 2016).

Os materiais de revestimento são tidos como sendo materiais empregados nas superfícies dos elementos construtivos das edificações, com a finalidade de atribuir características estéticas, de conforto, durabilidade etc. Exemplos: pisos, forros e proteções térmicas dos elementos estruturais. Materiais de acabamento são os utilizados como arremates entre elementos construtivos. Exemplos: rodapés, mata-juntas, golas etc. (CBMESP, 2019).

Deve-se optar por materiais incombustíveis, a fim de se evitar sinistros. No entanto, quando, por algum motivo, materiais combustíveis precisam ser usados no interior da edificação, soluções alternativas devem ser buscadas para minimizar o risco de incêndio que esses materiais podem causar. Por exemplo, com a aplicação de determinados retardantes é possível impedir a combustão total do material e, com isso, diminuir o calor gerado em situação de incêndio. (COUTINHO; CORRÊA, 2016). Estudos estimam que os produtos retardantes de proteção passiva contra o fogo, como os retardantes, possam retardar em até 20 vezes o avanço do fogo, quando comparado com o substrato sem aplicação do produto. (LIN, 2014).

Em relação as normativas de segurança contra incêndio atuais no Brasil, existem as normas técnicas (NBRs) que tem caráter de recomendação, ou seja, existe um compromisso ético de atender essas normas; e os regulamentos e leis, que determinam obrigações legais.

No Brasil, existe a Lei Federal nº 13.425, de 30 de março de 2017, que estabelece as diretrizes gerais sobre medidas de prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público.

Na esfera estadual, esse assunto fica a cargo do Corpo de Bombeiros Militar, sendo que cada estado conta com as suas próprias regulamentações. Quando um estado não possui legislação própria pode optar por adotar a NBR que trata do assunto ou normativas de outros estados. A regulamentação para o Estado de São Paulo (A Instrução Técnica nº 10/2019 do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de São Paulo, intitulada “Controle de materiais de acabamento e de revestimento”), por exemplo, é a mais completa, e utilizada por vários estados do Brasil.

A reação ao fogo de um produto pode ser avaliada usando o sistema de classificação definido pelas normas NBR 15575 e NBR 16626 (nacionais) ou BS EN 13501-1 (internacional). Elas classificam a reação ao fogo considerando vários parâmetros, como aumento de temperatura, taxa de perda de massa, liberação de calor, produção de fumaça etc. Os materiais de melhor desempenho e incombustíveis são classificados como I (norma brasileira) e A1 (norma internacional), enquanto os piores são classificados como VI (norma brasileira) e E (norma internacional). (HENNEMANN et. al., 2019). A classificação é somente obtida realizando-se todos os ensaios requeridos para o produto, conforme a norma prescreve.

Chamamos de reação ao fogo, a propriedade de um material de construção sofrer ignição e sustentar o fogo, ou seja, sua capacidade de desencadear uma ignição, propagar chamas, desenvolver calor e produzir fumaça. (MARQUES et. al, 2018).

Para o objeto deste estudo, serão utilizadas as referências de ensaio e classificação dos materiais de construção dispostos na norma brasileira (NBR 16626 - Classificação da reação ao fogo de produtos de construção).

Os materiais classificados em concordância com esta norma são considerados em relação à sua aplicação de uso final e são divididos em três categorias: revestimentos de piso, produtos de isolamento térmico de tubulações e produtos de construção civil de forma geral (excluindo as outras duas categorias).

Além disso, essa regulamentação tem como objetivo, estabelecer condições a serem atendidas pelos materiais, para que na ocorrência de um incêndio o fogo se propague de forma lenta, permitindo um tempo maior de fuga dos seus ocupantes, bem como uma maior facilidade da extinção do fogo pelas equipes de combate dos bombeiros (LIN, 2014).

A Figura 6, extraída da NBR 16626 (ABNT, 2017), apresenta a classificação dos materiais e os ensaios que devem ser realizados, para o caso de materiais de revestimento e acabamento da construção civil, escopo desta pesquisa.

Figura 6 - Classificação dos materiais de revestimento/acabamento em geral, exceto revestimento de piso, conforme NBR 16626:2017

Classe	Métodos de ensaio		
	ISO 1182	ABNT NBR 9442	ASTM E 662
I	Incombustível $\Delta T \leq 30 \text{ }^\circ\text{C}$ $\Delta m \leq 50 \%$ $t_f \leq 10 \text{ s}$	–	–
II	A	Combustível $I_p \leq 25$	$D_m \leq 450$
	B	Combustível $I_p \leq 25$	$D_m > 450$
III	A	Combustível $25 < I_p \leq 75$	$D_m \leq 450$
	B	Combustível $25 < I_p \leq 75$	$D_m > 450$
IV	A	Combustível $75 < I_p \leq 150$	$D_m \leq 450$
	B	Combustível $75 < I_p \leq 150$	$D_m > 450$
V	A	Combustível $150 < I_p \leq 400$	$D_m \leq 450$
	B	Combustível $150 < I_p \leq 400$	$D_m > 450$
VI	Combustível	$I_p > 400$	

Legenda: D_m – Densidade ótica específica máxima corrigida; Δt – Variação da temperatura no interior do forno; Δm – Variação da massa do corpo de prova; t_f – Tempo de planejamento do corpo de prova; I_p – Índice de propagação superficial de chama.

Fonte: NBR 16626 (ABNT, 2017).

Para os casos em que o método de ensaio da ABNT NBR 9442 não é adequado, é realizado o teste de ignitabilidade, para determinar a ignitabilidade de do material, seguindo o método é descrito pela ISO 11925-2 (*Reaction to fire tests for building products - Part 2: Ignitability when subjected to direct impingement of flame*). (GOMES, 2017).

Ainda, pode ser realizado o ensaio SBI (*Single Burning Item*), prescrito pela norma BS EN 13823 (*Single Burning Item*), que avalia a contribuição do material no desenvolvimento do incêndio. Esse ensaio é executado em conjunto com o ensaio especificado na ISO 11925-2. Apenas com os resultados de ambos os ensaios, o material pode ser classificado. (GOMES, 2017).

2.2 REVESTIMENTOS DE PROTEÇÃO PASSIVA AO FOGO

A principal estratégia para retardar incêndios consiste em reduzir a flamabilidade dos materiais, aumentando sua resistência à combustão, a partir de uma interferência química no mecanismo de propagação da chama. (RABELLO; DE PAOLI, 2013).

Como explicam Oliveira, Moreno Junior e Vieira (2017) e Troitzsch (1983), de maneira geral existem dois tipos de revestimentos que podem ser utilizados na proteção passiva contra incêndio: os retardantes de chama e as tintas intumescentes. Os retardantes ajudam no controle da propagação das chamas em uma pequena região ou até mesmo, a reduzir a propagação, porém, oferece baixa proteção contra fogo ao substrato onde é aplicada. De outra forma, a tinta intumescente age como uma barreira física protegendo o substrato.

O propósito dos retardantes de chama é a redução do suprimento de calor do polímero, de forma que este atinja um nível crítico e a chama não tenha estabilidade suficiente para permanecer. Geralmente, isso pode ser alcançado através da modificação da taxa de processos químicos ou físicos que ocorrem em uma ou mais etapas do processo de queima (WILKIE; MORGAN, 2010).

Já as tintas intumescentes são compostas químicos que, quando submetidos à elevadas temperaturas, reagem formando uma espuma carbonizada com alto desempenho isolante contra fogo. Segundo o registro de uma patente americana de 1948, citada por Camino, Costa e Martinasso (1989), na formulação da intumescência, o composto carbonáceo é a fonte de carbono para formar a espuma carbonizada que envolve os gases.

Conforme Rabello e De Paoli (2013), os revestimentos de proteção passiva ao fogo podem atuar em diferentes etapas do processo de combustão de um material. Os principais mecanismos de atuação são a interferência química na propagação da chama, a produção de gases incombustíveis que reduzem o suprimento de oxigênio para a queima e a absorção do calor e a formação de um revestimento de proteção à incidência do fogo. Esses materiais podem ser inorgânicos ou orgânicos, sendo ainda os orgânicos, caracterizados como não reativos ou reativos. Ainda, Fink, et al. (2008), citam que os elementos químicos mais comuns utilizados na composição são: bromo, fósforo, nitrogênio e alumínio, sendo os compostos bromados os mais utilizados globalmente.

Os revestimentos de proteção passiva ao fogo **inorgânicos** representam mais de 50 % do total de consumo de retardantes de chama atualmente no mercado nacional, principalmente por causa de seu baixo custo. (HALE, 2003). No entanto, a faixa de temperatura em que se indica utilização é inferior a 250 °C, pois em torno de 250 °C a 300 °C ocorre sua decomposição endotérmica. Nessa faixa de temperatura, ocorre a liberação de água, redução o calor de combustão e diminuição significativa da emissão de fumaça (WEIL; LEVCHIK, 2015). Esse tipo de composto forma uma camada protetora na superfície do material, o que reduz a difusão do oxigênio para o meio reativo dificultando a troca de calor. (RABELLO; DE PAOLI, 2013; DO CARMO, 2016). O hidróxido de magnésio tri-hidratado, $Mg(OH)_2 \cdot 3H_2O$, apresenta faixa de decomposição em, aproximadamente, 350 °C, sendo indicado para polímeros de classes como poliamidas e poliésteres (RABELLO; DE PAOLI, 2013). Em relação aos outros compostos, os inorgânicos não são corrosivos, produzem pouca fumaça, não emitem gases ácidos, são livres de halogênio, o gás liberado não é tóxico e não apresentam limitações na coloração. (TROMBINI, 2014).

Os revestimentos de proteção passiva ao fogo **orgânicos não reativos** podem apresentar algumas desvantagens como, por exemplo, danos ambientais e à saúde de seres vivos já são proibidos em alguns países (CRISTALE et al., 2019; SKINNER, 2011; ZHANG et al., 2018; PIERONI; LEONEL; FILLMANN, 2017; PESTANA et. al, 2008). Compostos clorados são representados pelas parafinas, cloradas com 20 – 70 % de cloro, tendo em vista que sua eficiência aumenta nesta faixa. Possuem custo menor quando comparado a compostos bromados, mas sua aplicação é restrita ao processamento de até 200 °C (RABELLO; DE PAOLI, 2013). Os compostos bromados possuem eficiência duas vezes maior que os clorados, podem ser utilizados em menores quantidades e causam menor redução nas propriedades mecânicas dos polímeros. (NUNES, 2010; TROMBINI, 2014). No entanto, a utilização de compostos bromados pode causar danos aos equipamentos de processamento, pois possuem características corrosivas, podem gerar gases tóxicos e podem reduzir a estabilidade térmica e fotoquímica dos polímeros (RABELLO; DE PAOLI, 2013). O polifosfato de amônia (APP), é um composto orgânico não reativo à base de fósforo, estável e não volátil. (RABELLO; DE PAOLI, 2013). O APP é um retardador de chama intumescente, que interrompe a queima do polímero em seus estágios iniciais a partir da formação de uma camada com isolamento térmico sobre a peça, o qual protege as camadas abaixo da superfície do

material da ação do fluxo de calor e das chamas. Estas camadas funcionam como uma barreira física que diminui o fluxo de calor e a transferência de massa entre a fase gás e a fase condensada (WILKIE; MORGAN, 2010). Isso acontece, porque quando aquecidos, eles liberam ácido fosfórico na forma polimerizada, que faz com que o material seja carbonizado, formando uma camada de carbono vítreo, inibindo o processo de pirólise, que fornece combustível para a chama. (DO CARMO, 2016).

Os revestimentos de proteção passiva ao fogo **orgânicos reativos** apresentam como principal característica sua capacidade de não afetar as propriedades mecânicas do material e não apresentam problemas de migração química (RABELLO; DE PAOLI, 2013). Por outro lado, estes compostos possuem custo elevado e apresentam maior complexidade durante o seu processamento (TROMBINI, 2014). Um exemplo são os retardantes de chamas que contêm nitrogênio, que ajuda a formar ligações cruzadas na estrutura molecular do material tratado, inibindo assim a pirólise. Eles liberam nitrogênio inerte (gases), que dilui a mistura de oxigênio e evita a combustão. (DO CARMO, 2016).

De forma simplificada, De Paula et al. (2014) explicam que os compostos inorgânicos absorvem grandes quantidades de calor do ambiente, e evitam assim, a formação de gases tóxicos e inflamáveis durante a combustão. Os compostos orgânicos não reativos não absorvem calor do ambiente e conseqüentemente, ocorre o processo de pirólise, liberando gases tóxicos e gerando fuligem.

2.3 MATERIAIS PARA CONDICIONAMENTO ACÚSTICO

O tratamento ou condicionamento acústico de um ambiente consiste em conferir boas condições de audibilidade interna, através dos materiais utilizados nos revestimentos internos de pisos, paredes, tetos e demais superfícies internas de uma sala. Isso é realizado com correções no tempo de reverberação da sala e com a promoção de uma boa distribuição dos sons utilizando superfícies refletoras e/ou difusoras. (PATRÍCIO, 2018).

Para se avaliar a qualidade acústica de uma sala, são avaliados descritores acústicos conforme o tipo e a atividade do ambiente interno. O parâmetro mais objetivo para a determinação da qualidade acústica de uma sala é o evento da reverberação. (KUTTRUFF, 2017).

O tempo de reverberação (TR) de um recinto fechado, para uma determinada banda de frequências, é o intervalo de tempo necessário para que o nível de pressão sonora nessa banda de frequências decresça 60 dB após o término da emissão de sua fonte. (PATRÍCIO, 2018; EGAN, 2007). Além disso, o volume da sala e o tempo de reverberação desta possuem uma ligação direta: quanto maior o volume da sala, mais longo será o tempo de reverberação, porque as ondas sonoras encontrarão as superfícies da sala com menos frequência do que em salas pequenas. (EGAN, 2007).

Quando uma onda sonora atinge um material, gera três situações distintas: uma parte da energia é transmitida através do material, outra parte é absorvida/dissipada pelo elemento e o restante é refletido. O condicionamento acústico trabalha com as características de absorção e reflexão desses materiais. (PATRÍCIO, 2018).

Materiais considerados adequados para a absorção sonora retem uma quantidade maior de ondas sonoras que neles incidem e são materiais macios, porosos ou fibrosos. Contudo, o comportamento dessa curva pode ser alterado dependendo da superfície de aplicação do material absorvente sonoro, se há afastamento ou não da superfície de aplicação, do afastamento entre apoios, e ainda em função da aplicação de tintas ou outros materiais sobre os elementos absorvedores, conforme explica Carvalho (2006).

Brandão (2016) classifica os elementos absorvedores porosos em três tipos: materiais porosos ou fibrosos, ressonadores e absorvedores de membrana. De maneira geral, cada tipo apresenta absorção maior em uma faixa de frequência. Os materiais porosos ou fibrosos, são mais eficientes em altas frequências, os ressonadores apresentam maior absorção nas medias frequências e os absorvedores de membrana apresentam maior eficiência nas baixas frequências.

Caracterizam-se por materiais porosos aqueles em que a parte sólida ocupa somente uma parte do seu volume, sendo o restante pequenos intervalos conectados entre si ou não, preenchido por ar e abertos para o exterior. Nos materiais porosos, estão incluídos os materiais designados como fibrosos. A absorção sonora nestes materiais ocorre por dissipação de energia devido ao atrito do ar durante a propagação das ondas sonoras ao longo do material (pela reflexão do som em seus poros e dos materiais fibrosos pela vibração do som nas fibras) e por este fato, são normalmente eficazes em correções acústicas nas altas

frequências (superiores a 500 – 630 Hz). (PATRÍCIO, 2018; KUCZMARSKI E JOHNSTON, 2011). As formas e dimensões dos poros e fibras explicam as variações no desempenho dos materiais, conforme faixas de frequências. (CARVALHO, 2006). Brandão (2016) complementa dizendo que com o aumento da espessura, os materiais porosos podem aumentar sua absorção nas baixas frequências, mas a maior absorção sempre será nas altas frequências.

São exemplos de materiais porosos os painéis de fibras minerais, as mantas e placas de fibras minerais (lã de vidro e lã de rocha), alguns materiais poliméricos expandidos de poliuretano e poliestireno, alguns materiais poliméricos reciclados (lã de PET), entre outros.

Os ressonadores de *Helmholtz* são definidos como painéis perfurados com furos alinhados, afastados da parede, criando cavidades acústicas onde ocorre a dissipação da energia sonora através da propagação das ondas na caixa de ar do painel. São eficientes para efetuar correções acústicas nas bandas de médias frequências (200 Hz a 500 – 630 Hz). (PATRÍCIO, 2014). Esses ressonadores são bastante usados associados à materiais porosos que absorvem o som, escondidos por trás do ressonador, na caixa de ar do painel. (EGAN, 2007).

Dependendo da situação e função do ambiente, para garantir a qualidade acústica desejada é necessário recorrer ao conceito de difusão sonora, criando um campo sonoro onde a energia chega a todos os pontos com igual probabilidade de todas as direções existentes no espaço. Um difusor serve para redirecionar o som incidente uniformemente pelo recinto, sendo independente do ângulo de incidência e da frequência. (PATRÍCIO, 2018; EGAN, 2007).

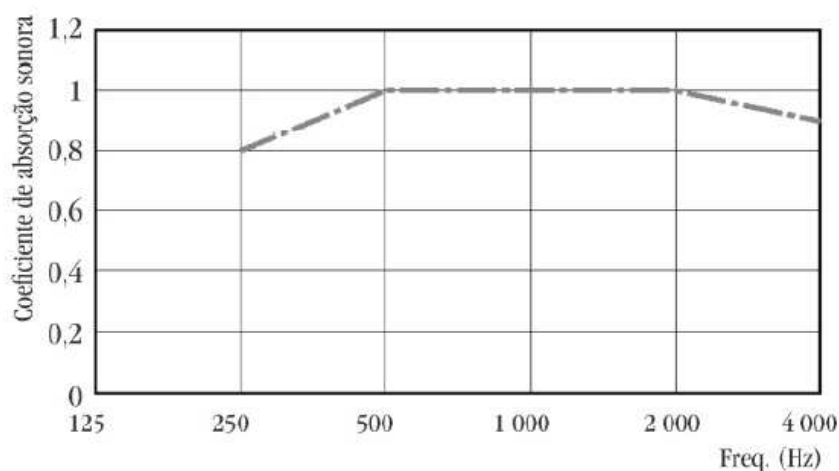
A eficácia de um material de absorver o som pode ser expressa por seu coeficiente de absorção sonora (α_s). Esses coeficientes representam o percentual de energia sonora absorvida pelo material naquela condição de aplicação e naquela frequência e são determinados através de ensaios em laboratório ou estimativas. (EGAN, 2007). Para obter esse parâmetro, são realizados ensaios em laboratórios especializados, através de dois métodos: para amostras menores, através de uso de tubo de impedância em conformidade com a ISO 10534-2; ou ensaio em câmara reverberante (amostras de pelo menos 10 m²), conforme normas ISO 354 ou ASTM C423-09a. Esses dois últimos métodos definem dois tipos diferentes de coeficientes de absorção, respectivamente para incidência normal e incidência aleatória do som. (ASDRUBALI; D'ALESSANDRO; SCHIAVONI, 2015).

O coeficiente de absorção pode variar de 0 (nenhuma energia sonora absorvida) a 1,0 (absorção perfeita com toda a energia sonora incidente absorvida). Egan (2007) explica que alguns testes em laboratório resultam em coeficientes maiores que 1,0, o que pode ser explicado, por exemplo, pelo efeito do tamanho da amostra, pelas bordas expostas da amostra ou pela difração de energia sonora.

Materiais com coeficientes de absorção de som maiores que 0,50 são chamados de absorventes e aqueles com coeficientes baixos (menores que 0,20) são difusores sonoros. (EGAN, 2007).

O coeficiente de absorção ponderado (α_w) é o valor da curva transladada, na banda de frequências de 500 Hz. (PATRÍCIO, 2018). Para obtê-lo, segue-se a norma ISO 11654, onde sobrepõe-se a curva de referência definida nesta norma (Figura 7) à descrição da absorção sonora obtida por medição ou estimativa, e efetua-se a translação desta curva em relação à curva de referência. Os valores de α_w variam de 0,00 a 1,00 e são expressos em múltiplos de 0,05. (PATRÍCIO, 2018). Esse coeficiente pode ser utilizado em situações rotineiras, porém, por se tratar de uma estimativa, não é um valor muito preciso e de ser utilizado com cautela.

Figura 7 - Curva de referência para a obtenção do coeficiente de absorção sonora ponderado (α_w), definida na norma ISO 11654



Fonte: Patrício (2018).

Os materiais acústicos fibrosos são fabricados a partir de matéria prima virgem e/ou reciclada e são constituídos por fibras orgânicas, químicas ou metálicas. As fibras devem possuir seção transversal pequena em relação ao seu

comprimento, o que resulta em alta resistência e flexibilidade. Produtos populares no mercado da construção civil são provenientes de fibras minerais, de vidro ou de rocha, e ainda, de poliéster, sendo comercializados no formato de manta ou placas/painéis. (LIM et al., 2018; BERTOLINI et al., 2019; KUTTRUFF, 2017).

A eficiência do material do ponto de vista da absorção acústica pode ser influenciada por suas características físicas (espessura e densidade), apesar de não ser algo impreciso devido à variedade de formas arranjo de poros e natureza das fibras utilizadas. (QIU, 2016; BRAVO; MAURY, 2018).

Em se tratando da espessura do material, estudos apontaram que quanto maior a espessura do material, maior é a capacidade de absorção sonora, pois a impedância do material da superfície é mantida nas camadas interiores do material impedindo a refletância das ondas sonoras para o ambiente. Todavia, a espessura do material deve ser de, ao menos, um décimo do comprimento de onda incidente, o que atrela grandes espessuras para absorção em baixas frequências (aproximadamente 35 cm para 100Hz). (BARRON, 2003; QIU, 2016; COX; D'ANTONIO, 2017).

A absorção sonora do material é dependente também da densidade deste, uma vez que, quanto maior for a densidade, maior será o número de fibras por unidade de área, o que aumenta a fricção das fibras e resulta na perda de energia das ondas sonoras. Esse acréscimo de eficiência sonora é observado nas médias e altas frequências. Porém, isso é benéfico até certo ponto, pois densidades mais altas reduzem o desempenho acústico, devido à diminuição da porosidade, o que faz com que o material assuma, em determinadas faixas de frequência, um comportamento reflexivo. No caso de materiais com menor densidade e poros mais abertos é esperado um desempenho favorável nas baixas frequências, porém também, até certo ponto, pois grandes distanciamentos entre fibras prejudicam a capacidade de absorção do som pelo material. (NEWELL, 2012; EVEREST; POHLMANN, 2015; DUNNE; DESAI; SADIKU, 2017).

Os materiais acústicos fibrosos podem ser utilizados na forma crua, revestidos por painéis lisos ou perfurados, ou por meio do uso de tecidos. Neste último caso, como explicam Cox e D'Antonio (2017), a influência do tecido em relação à absorção sonora original do material depende da transparência do tecido, pois, quanto menor é a transparência, maior é a perda de absorção sonora nas

bandas de média e alta frequência. Pode ainda, haver aumento nas baixas frequências.

Mantas de lã PET são atrativas devido ao aproveitamento de resíduos de material não renovável e que possui grande potencial de poluir o meio ambiente. Estas são classificadas como não tecidos, feitas a base de fibras sintéticas, e possuem um processo de fabricação facilitado, o que resulta em custos operacionais mais baixos. O material é anisotrópico, altamente poroso e permeável. (RUSSELL; SMITH, 2016; SINGH; MUKHOPADHYAY, 2016).

Em estudo realizado por Patnaik et al. (2015), foram avaliadas composições de 50% de fibras de PET recicladas revestidas em silicone e 50% fibras de algodão, e de, de 50% de fibras PET e 50% fibras de lã de ovelha. As mantas possuíam entre 16 e 17 mm de espessura e densidade de 1 kg/m², tendo a absorção sonora avaliada por meio de ensaio em tubo de impedância. Os resultados foram consideráveis nas bandas de alta frequência, chegando a 0,5, modestos nas médias frequências e bem reduzidos nas baixas frequências. A composição de lã de PET e lã de ovelha obteve melhores resultados em detrimento da outra composição.

Kücük e Korkmaz (2015), efetuaram a medição dos coeficientes de absorção sonora por meio de tubo de impedância, em várias composições de fibras de PET, utilizando diferentes tipos de fibras: de baixa temperatura de fusão, de algodão, de acrílico, de PET bicomponente e de poliamida. A composição de 70% de lã de ovelha e 30% de fibra de PET bicomponente, consolidada por processo térmico, com espessuras de aproximadamente 16 e 35 mm, apresentou os melhores resultados, obtendo resultados elevados nas bandas de média e alta frequência. A composição de 90% PET com 10% de fibra de baixa temperatura de fusão, consolidada termicamente, e a composição de 100% PET, consolidada mecanicamente, com espessuras de aproximadamente 0,23 a 7,34 mm, obtiveram coeficientes de absorção sonora abaixo de 0,35 em todas as bandas de frequência. Este fato evidencia ineficiência de desempenho de materiais com espessura reduzida.

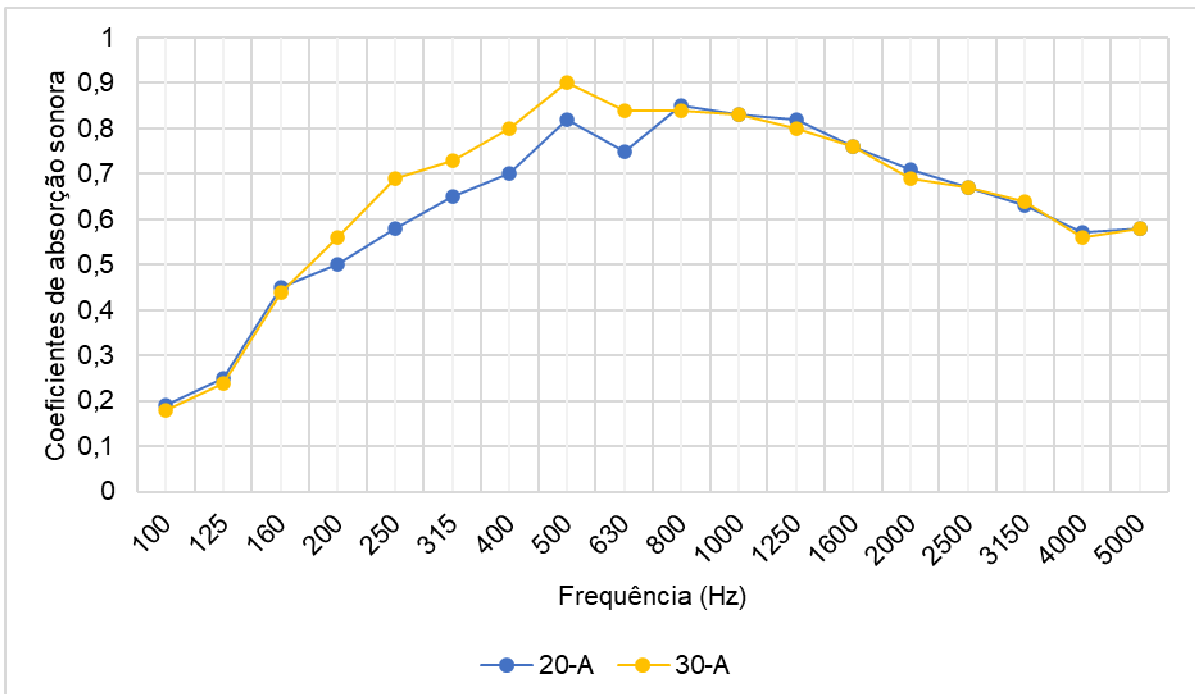
O estudo de Klippel Filho et al. (2017) mostrou que a lã composta por resíduos PET apresenta valores típicos de absorção sonora para materiais fibrosos, com maior absorção nas bandas de médias e altas frequências, sendo que a absorção sonora está diretamente relacionada com a densidade do material. No estudo, a amostra com maior densidade e maior espessura (1,5 kg/m² e 75 mm)

obteve o maior valor de absorção sonora ponderado (α_w igual a 0,8). Ainda, foi estudada uma amostra com densidade baixa (0,35 kg/m²) e espessura de 50 mm, a qual apresentou maior absorção na banda de frequências de 800 Hz, com um decaimento na absorção nas bandas de altas frequências e nas bandas de frequência abaixo de 800 Hz, apresentando assim, um comportamento semelhante à um absorvedor de membrana.

Da mesma forma, Del Rey et al. (2011), utilizou espessuras comerciais de material e fez avaliações em tamanho real em câmara reverberante, onde testou mantas de lã de PET de diferentes espessuras e densidades.

Klippel (2021), em sua dissertação de mestrado, utilizou mantas de lã de PET de 60 mm de espessura e densidades iguais a 20 e 30 kg/m³ e obteve os resultados expressos no Gráfico 1. Os ensaios foram realizados em câmara reverberante, seguindo a ISO 354 (ISO, 2003).

Gráfico 1 - Curvas de absorção sonora de lã de PET de densidades 20 kg/m³ e 30 kg/m³ - Ensaio em câmara reverberante



Fonte: Adaptado de Klippel (2021).

Na Tabela 1 são apresentados os resultados dos ensaios realizados por Klippel Filho (2021), Klippel Filho et al. (2017) e Del Rey et al. (2011).

Tabela 1 - Coeficientes de absorção sonora de mantas de lã de PET obtidos por meio de ensaios em câmara reverberante

Material	Frequência (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Manta de lã de PET de 20 mm e 0,4 kg/m ²	0,18	0,25	0,40	0,54	0,62	0,58
Manta de lã de PET de 40 mm e 1,0 kg/m ²	0,16	0,37	0,52	0,72	0,63	0,70
Manta de lã de PET de 50 mm e 1,5 kg/m ²	0,18	0,43	0,71	0,86	0,81	0,62
Manta de lã de PET de 60 mm e 1,6 kg/m ²	0,19	0,45	0,72	0,85	0,62	0,65
Manta de lã de PET de 75 mm e 1,5 kg/m ²	0,19	0,59	0,75	0,89	0,81	0,75
Manta de lã de PET de 100 mm e 1,0 kg/m ²	0,16	0,39	0,61	0,77	0,80	0,64
Manta de lã de PET de 60 mm e 20 kg/m ³	0,25	0,58	0,82	0,83	0,71	0,57
Manta de lã de PET de 60 mm e 30 kg/m ³	0,24	0,69	0,9	0,83	0,69	0,56

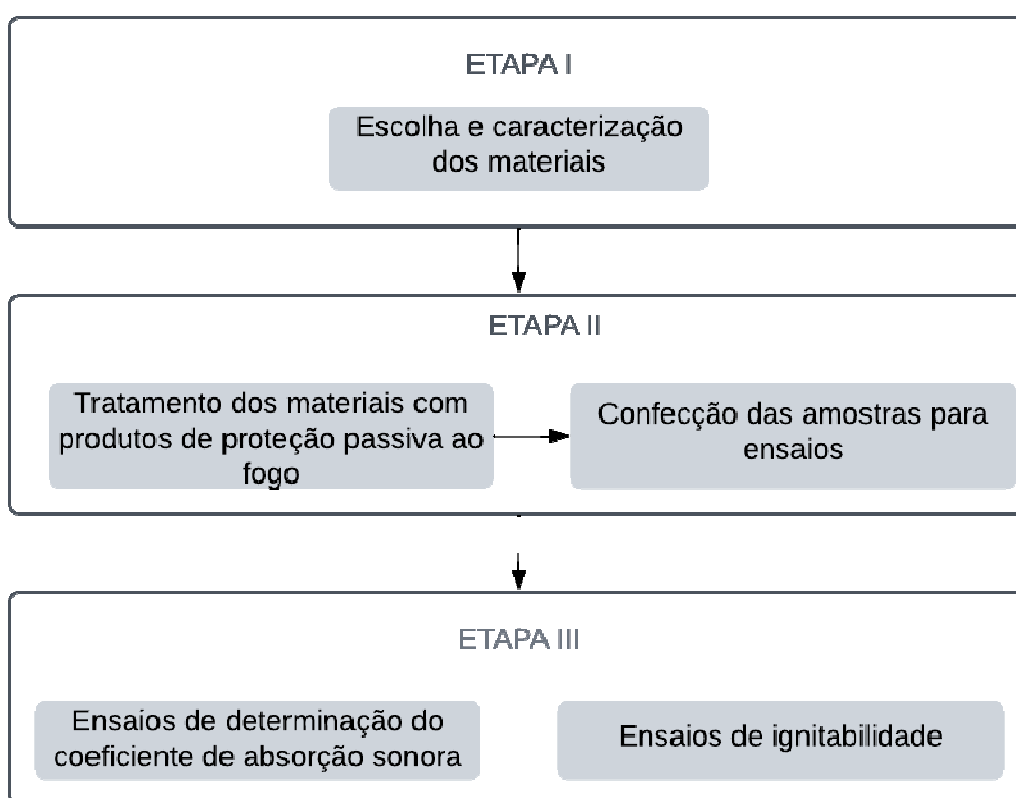
Fonte: Adaptado pela autora de Klippel Filho (2021), Klippel Filho et al. (2017) e Del Rey et al. (2011).

3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Para atingir os objetivos definidos no desenvolvimento deste trabalho, foi realizado o programa experimental descrito a seguir.

Na Figura 8, é exibido um fluxograma do programa experimental, que se divide em três etapas.

Figura 8 - Fluxograma do programa experimental



Fonte: Elaborado pela autora.

Na Etapa I, foi obtida a caracterização dos produtos de proteção passiva ao fogo, por meio de catálogos técnicos do fornecedor. O mesmo ocorreu com o tecido de poliéster utilizado como revestimento. As mantas de lã de politereftalato de etileno (PET) foram caracterizadas quanto a sua espessura, massa por unidade de área, densidade aparente e porosidade, através de ensaios realizados em laboratório.

A Etapa II constituiu do tratamento das amostras com produtos de proteção passiva, realizado pelo fornecedor, nas amostras a ele enviadas. Ainda na Etapa II,

foi realizado o corte de todas as amostras nas dimensões exigidas para os ensaios da Etapa III.

Já a Etapa III envolveu a realização dos ensaios de determinação do coeficiente de absorção sonora no tubo de impedância e de ignitabilidade para verificar a reação ao fogo das amostras.

Os itens a seguir expõem de modo detalhado as três etapas e os métodos, normas, variáveis e recursos utilizados em cada uma delas.

3.1 ETAPA I: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS MATERIAIS

Os materiais utilizados nesta pesquisa, bem como os procedimentos para a sua caracterização, são apresentados a seguir.

3.1.1 Materiais substrato

Os materiais definidos, para este estudo como materiais substratos, são as mantas de lã de PET e o tecido de poliéster. Foram assim denominados, por ambos receberem algum tipo de tratamento contra o fogo.

3.1.1.1 Lã de PET

Manta de lã de PET, caracterizada como um material fibroso, que para esta pesquisa foi utilizado em 2 formatos:

- a) Densidade aparente igual a 20 kg/m³ e espessura de 60 mm;
- b) Densidade aparente igual a 30 kg/m³ e espessura de 60 mm.

Essas mantas foram desenvolvidas em parceria com a empresa Planalto Têxtil, sita na cidade de Encantado/RS. A empresa desenvolveu o material baseada em dimensões e densidade comumente adotadas por fabricantes nacionais e internacionais.

As mantas foram fabricadas pelo método de *drylaying*, utilizando fibras de poliéster fornecidas pela empresa Ecofabril Indústria e Comércio, sita em

Jundiaí/SP. Seguindo as recomendações de Pourmohammadi (2007) e Küçük e Korkmaz (2015), foi utilizada uma proporção de 70% de fibra PET reciclada e 30% de fibra biocomponente. O processo de fabricação pode ser encontrado na íntegra no trabalho desenvolvido por Klippel Filho (2021).

Os painéis de lã de PET (Figura 9) têm ampla utilização e podem ser utilizados com ou sem algum tecido de revestimento.

Figura 9 - Lã de PET sendo utilizada como preenchimento de parede leve



Fonte: Catálogo técnico Planalto Têxtil

3.1.1.2 Tecido de poliéster

Tecido de revestimento, Oxford sintético, 100% poliéster. É utilizado, entre outros fins, para confecção de estofados, cadeiras, pufes e cortinas de teatro, por exemplo. De acordo com o fabricante, possui gramatura aproximada de 100g/m².

3.1.2 Produtos de proteção passiva ao fogo

Os materiais listados abaixo, são produtos que já estão no mercado e que possuem ensaios de caracterização realizados por laboratórios específicos. Os dados explicitados são os divulgados pelo fabricante em seu site e nas fichas técnicas dos produtos.

Para o objeto deste estudo, serão utilizadas as referências de ensaio e classificação dos materiais de construção dispostos na norma NBR 16626 – Classificação da reação ao fogo de produtos de construção. Essa regulamentação traz, além dos critérios a serem atendidos pelos materiais de acabamento e revestimento empregados nas edificações (pisos, paredes/divisórias, teto/forro), as referências de normas nacionais e internacionais que prescrevem os métodos de ensaios para determinação do comportamento do material frente ao fogo.

No

Quadro 1 estão apresentados os resultados obtidos nos ensaios realizados nos produtos que serão utilizados para fins deste estudo.

Quadro 1 - Caracterização dos produtos de proteção passiva a serem utilizados neste estudo

PRODUTO	CARACTERIZAÇÃO		
	Propagação de chamas (Ip):	Índice de densidade óptica de fumaça (Dm):	Classe:
Tinta intumescente para espuma acústica	< 25 (pelo método do painel radiante)	< 450	II-A
Retardante de chamas para tecidos	1 a 4 (em tecidos: algodão e poliéster)	122 a 160 (< 450)	II-A

Fonte: Adaptado do catálogo técnico dos produtos.

3.1.2.1 Tinta intumescente para espuma acústica

Tinta intumescente à base de água, atóxica, inodora, antimofa e antifungos, desenvolvida para ser aplicada em espumas acústicas de poliuretano expandido ou revestimentos (placas e painéis) de espuma. A intumescência ocorre a partir de 200°C e não propaga chamas pelo substrato. Além disso, a tinta contém aditivos supressores de fumaça que reduzem a emissão de gases tóxicos. A aplicação pode

ser feita por pincel, rolo ou spray *airless*. Quando exposta ao fogo, a camada de proteção pode expandir em até 60 vezes sua espessura.

Esse produto foi aplicado sobre a de lã de PET. Na

Tabela 2 está a caracterização química do produto, chamado comercialmente de CKC-333®, fornecido pelo fabricante. Os demais dados podem ser encontrados na ficha de segurança de produto químico e na ficha técnica, nos anexos A e B.

Tabela 2 - Composição e informação sobre os ingredientes (CKC-333®)

Ingrediente	%
Polifosfato de amônia	35 ~ 50%
Melamina	10 ~ 25%
Pentaery thritol	10 ~ 25%
Resina acrílica	5 ~ 30%
Água	25 ~ 50%

Fonte: Adaptado de ficha de segurança de produto químico CKC-333®

3.1.2.2 Retardante de chamas para tecidos

Solução retardante de chamas, incolor, inodoro e recomendada para materiais onde há a necessidade de se evitar a propagação de chamas. Aplicável à tecidos fibrosos de algodão, poliéster, lycra, nylon, voal, cortinas e lonas. A sua ação consiste em inibir as chamas, evitando que o fogo se alastre a outros ambientes e materiais combustíveis. A aplicação do produto sobre o substrato pode ser realizada com uso de rolo, pincel ou spray. É importante ressaltar que a reaplicação se faz necessária sempre que houver a lavagem em água ou exposição as intempéries.

Este produto foi aplicado sobre o tecido que revestiu as amostras de lã de PET que não receberam tinta intumescente. Na Tabela 3 está a caracterização química do produto, chamado comercialmente de CKC-2020® Retardante de chamas base água, fornecido pelo fabricante. Os demais dados podem ser encontrados na ficha de segurança de produto químico e na ficha técnica, nos anexos C e D.

Tabela 3 - Composição e informação sobre os ingredientes (CKC-2020® Retardante de chamas base água)

Ingrediente	%
Fosfato de amônio	>50%
Fosfato de monoamônio	>10%
Fosfato de diamônio	>10%

Fonte: Adaptado de ficha de segurança de produto químico CKC-2020® Retardante de chamas base água

3.1.3 Caracterização dos materiais

As características dos produtos de proteção passiva e do tecido de revestimento foram obtidas por meio de catálogos técnicos dos fornecedores dos materiais.

Os painéis de lã de PET tiveram sua caracterização por meio de ensaios realizados em laboratório da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, sendo realizados ainda na primeira fase desta linha de pesquisa. O método detalhado pode ser encontrado em Klippel Filho (2021).

A densidade e espessura foram controladas ao longo do processo de produção, pretendendo a menor variabilidade possível.

Os ensaios realizados em laboratório constituíram em:

- a) Determinação da espessura, a partir de uma adaptação das recomendações da norma ISO 5084 (ISO, 1996), devido à falta de disponibilidade de equipamento específico;
- b) Determinação da porosidade, a partir de equação referenciada por Mao, Russell e Pourdeyhimi (2007);
- c) Determinação da massa por unidade de área, segundo ABNT NBR 12984 (ABNT, 2009);
- d) Determinação da densidade aparente, conforme ISO 5084 (ISO, 1996) e ABNT NBR 12984 (ABNT, 2009).

3.2 ETAPA II: PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

Para maior compreensão, as amostras utilizadas nesta pesquisa serão denominadas conforme descrito na Tabela 4.

Tabela 4 - Identificação das amostras

Identificação	Densidade (kg/m³)	Espessura (mm)	Proteção da manta: tinta intumescente	Revestimento com tecido com retardante
M20	20	60	Sem	Sem
M30	30	60	Sem	Sem
M20R	20	60	Com	Sem
M30R	30	60	Com	Sem
M20T	20	60	Sem	Com
M30T	30	60	Sem	Com

Fonte: Elaborada pela autora.

As amostras de lã que tiveram aplicação de tinta intumescente e o tecido que teve aplicação de retardante de chamas, foram enviados para a empresa fornecedora dos produtos de proteção passiva, a qual realizou a aplicação dos produtos nos substratos. Isto se deu para evitar erros no processo de aplicação dos produtos.

A aplicação da tinta nas amostras de lã se deu pelo processo de pulverização (com aparelho *spray airless*). A aplicação do retardante de chamas no tecido foi realizada com rolo.

Quando os substratos retornaram do fabricante, as amostras foram cortadas na dimensão adequada para cada ensaio, obedecendo as requisições das normas. As dimensões para o corte foram aferidas com trena calibrada frente ao Inmetro/RBC. O tecido foi costurado a mão sobre a lã de PET com linha 100% poliéster. Foi optado pela costura em vez da colagem, pois a cola poderia influenciar nos resultados dos ensaios.

As amostras utilizadas para os ensaios no tubo de impedância foram cortadas pelo próprio laboratório que realizou os testes.

Na Tabela 5, são apresentadas as amostras utilizadas para o ensaio de determinação do coeficiente de absorção acústica, assim como a quantidade e as dimensões. Essas amostras foram acondicionadas em sala com temperatura e umidade controladas ($T = 23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $\text{UR} = 50 \pm 5\%$) por 48 horas antes dos ensaios.

Foram utilizados 9 exemplares de cada amostra para a realização dos testes. Esse número de exemplares foi definido pelo laboratório realizador do ensaio, através da experiência baseada em testes de repetitividade, que assim considerou que esse número de exemplares é suficiente para atingir os resultados de forma assertiva.

Tabela 5 - Amostras para ensaio de determinação do coeficiente de absorção sonora

Identificação	Quantidade	Dimensões
M20	9 un	30 e 60 mm
M30	9 un	30 e 60 mm
M20R	9 un	30 e 60 mm
M30R	9 un	30 e 60 mm

Fonte: Elaborada pela autora.

Já as amostras usadas no ensaio de ignitabilidade, bem como suas dimensões e quantidades, são exibidas na Tabela 6. Essas amostras foram condicionadas em sala com temperatura e umidade controladas ($T = 23 \pm 3^{\circ}\text{C}$ e $\text{UR} = 50 \pm 5\%$) por 48 horas antes dos ensaios, para chegarem em consistência de massa.

Tabela 6 - Amostras para ensaio de ignitabilidade

Identificação	Quantidade	Dimensões
M20	6 un	9x25cm
M30	6 un	9x25cm
M20R	6 un	9x25cm
M30R	6 un	9x25cm
M20T	6 un	9x25cm
M30T	6 un	9x25cm

Fonte: Elaborada pela autora.

3.3 ETAPA III: ENSAIOS

Na Etapa III, foram realizados os ensaios de determinação do coeficiente de absorção sonora em tubo de impedância, e os ensaios de ignitabilidade através do método da pequena chama.

3.3.1 Ensaio de determinação do coeficiente de absorção sonora em tubo de impedância

Os ensaios para a determinação do coeficiente de absorção sonora dos materiais foram executados no Laboratório de ensaios acústicos Giner, usando o tubo de impedância segundo a norma ISO 10534-2:1998 - *Acoustics Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes - Part 2 - Transfer function method*, dois microfones e um sistema de análise digital de frequência, para determinação do coeficiente de absorção sonora de materiais, para incidência normal (α). Na Tabela 7, estão expostos os instrumentos utilizados nos ensaios, bem como marca e modelo.

Tabela 7 - Instrumentos utilizados para realização dos ensaios

Equipamento	Marca	Modelo
Tubo de impedância	BSWA	SW260
Microfones	BSWA	MPA416
Amplificador	BSWA	PA50
Analisador	BSWA	MC3122
Calibrador	B&K	Type 4231

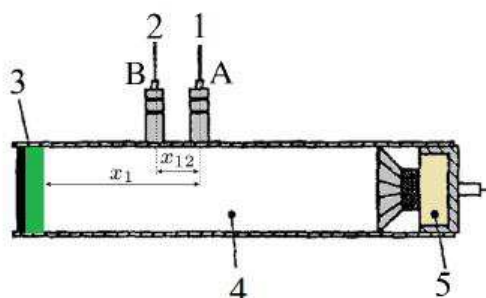
Fonte: Adaptado do relatório técnico de ensaio emitido pelo laboratório Giner

Neste método, ondas planas são geradas no tubo através de um alto falante acoplado e a decomposição do campo de interferência é determinada pelas medições de pressão sonora em duas posições distintas, utilizando dois microfones simultaneamente. Para as medições, a função de transferência acústica complexa dos dois sinais de microfone é determinada e usada para calcular o fator de reflexão complexo de incidência normal, o coeficiente de absorção de incidência normal e a taxa de impedância do material de teste.

A faixa de frequência utilizável depende da largura do tubo e do espaçamento entre as posições do microfone. A Figura 10, mostra a representação do esquema do tubo de impedância para método para dois microfones. Logo para obtenção de dados no range de 100 Hz 6300 Hz são utilizados tubos de 30 e 60 mm de diâmetro.

Para procedimentos práticos, a partir da função de transferência obtidas experimentalmente o coeficiente de absorção pode ser obtido no pós-processamento destes dados.

Figura 10 - Tubo de impedância – (1) sinal do microfone A, (2) sinal do microfone B, (3) amostra de teste, (4) tubo de impedância e (5) alto falante



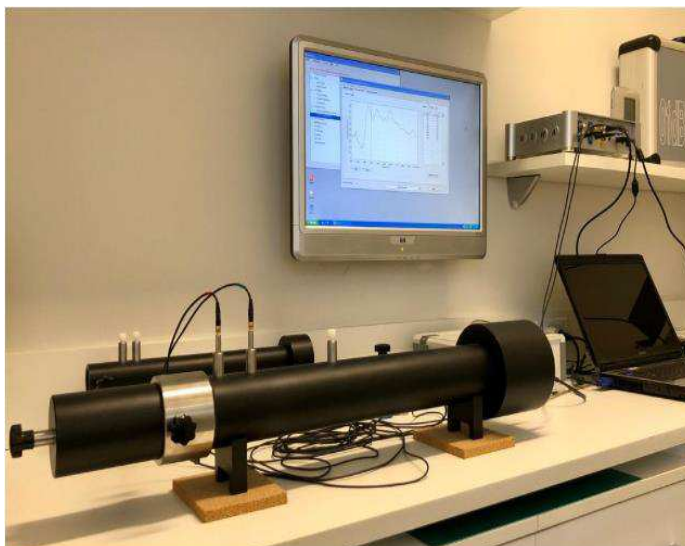
Fonte: Relatório técnico de ensaio emitido pelo laboratório Giner

As Figura 11 e Figura 12 apresentam, respectivamente, as amostras utilizadas nos ensaios de tubo de impedância e os equipamentos para o experimento.

Figura 11 - Amostra para ensaio de tubo de impedância



Figura 12 - Equipamentos de medição



Fonte: Relatório técnico de ensaio emitido pelo laboratório Giner

3.3.2 Ensaio de ignitabilidade através do método da pequena chama

O ensaio de ignitabilidade através do método da pequena chama (Figura 13) foi realizado no laboratório de reação ao fogo do Instituto Tecnológico em Desempenho e Construção Civil da Unisinos (itt Performance), seguindo as prescrições da norma BS EN ISO 11925-2 – *Reaction to fire tests*. O ensaio tem a finalidade de verificar a ignitabilidade dos materiais de acabamento e revestimento dos sistemas construtivos quando expostos a uma chama padrão em condições de exposição normativamente definidas.

Figura 13 - Amostra colocada no equipamento de ensaio de ignitabilidade



Fonte: Registrada pela autora.

A chama é aplicada por 30 segundos com o queimador inclinado à 45° com relação ao eixo vertical. Após os 30 segundos iniciais, o queimador é retraído e se aguarda mais 30 segundos, verificando se a chama se sustenta na amostra. Após 60 segundos, a chama é cessada.

O ponto de aplicação, definido como sendo a situação mais desfavorável quando o material estiver aplicado em grande escala, foi o de superfície.

Os equipamentos utilizados para execução do ensaio são devidamente calibrados por laboratórios acreditados pelo Inmetro/RBC e antes do ensaio foi realizada uma verificação do controle, periodicidade e tolerâncias destes. O ensaio é realizado em sala climatizada, com temperatura de 23 ± 5 °C e umidade relativa em 50 ± 5 %.

São avaliadas a resistência à ignição da amostra, a propagação das chamas e a precipitação de partículas inflamadas. As variáveis de resposta são:

- a) Ocorrência de ignição;
- b) Se a chama atingiu a altura de 150 mm;
- c) Tempo em segundos, que levou para a chama atingir a altura de 150 mm (t_{150});
- d) Permanência de ignição após a retirada da chama;
- e) Se ocorreu gotejamento no filtro de papel;
- f) Se ocorreu a ignição do filtro de papel.

Ainda, vinte e quatro horas antes do ensaio, foi aferida a massa dos exemplares. Após essas 24 horas, antes do ensaio propriamente dito, os exemplares foram medidos com régua metálica e pesados com auxílio de uma balança. Após, é calculada a diferença de massa, conforme Equação 1. Para que os exemplares estejam aptos para realização do ensaio, a tolerância da constância de massa é de 0,1% ou 0,1g.

$$\text{Diferença de massa (\%)} = \frac{(m_2 - m_1)}{m_1 \times 100} \quad \text{Equação 1}$$

$$\text{Diferença de massa (\%)} = \frac{(m_2 - m_1)}{m_1 \times 100}$$

Sendo,

m1: massa inicial;

m2: massa após 24 horas da determinação da massa inicial (m1).

A Figura 14 mostra as amostras preparadas para ensaio de ignitabilidade pelo método da pequena chama.

Figura 14 - Amostras preparadas para ensaio de ignitabilidade



(a) Lã de PET com tinta intumescente



(b) Lã de PET sem revestimento contra fogo



(c) Lã de PET revestida com tecido com retardante

Fonte: Registrada pela autora.

4 RESULTADOS

Neste capítulo estão apresentados os resultados obtidos no programa experimental, bem como as análises destes resultados e a validação através dos conceitos apresentados no referencial bibliográfico.

4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS PAINÉIS DE LÃ DE PET

Na Tabela 8 estão presentes os resultados médios obtidos nos ensaios para determinação das características físicas das mantas de lã de PET, conforme métodos apresentados no capítulo 3.

Tabela 8 – Resultados médios das características físicas das amostras de lã de PET

Amostra	Espessura média (mm)	Massa por unidade de área média (kg/m ²)	Densidade aparente média (kg/m ³)	Porosidade média (%)
60 mm e 20 kg/m ³	59,95	1,30	21,69	98,00
60 mm e 30 kg/m ³	60,98	1,74	28,50	98,00

Fonte: Elaborada pela autora.

A verificação da espessura média das amostras definidas pelo fabricante como 60 mm, apresentou variação de 0,05 mm na densidade de 20 kg/m³ e variação de 0,98 mm, na densidade de 30 kg/m³.

A massa por unidade de área média foi obtida, para em conjunto com a espessura média, possibilitar a obtenção da densidade aparente média. Neste caso, a densidade aparente média na amostra de 60 mm e 20 kg/m³ foi de 1,69 kg/m³ acima do definido pelo fabricante e para a amostra de 60 mm e 30 kg/m³ foi de 1,50 kg/m³ abaixo da definição de fabricação.

A porosidade média para ambas as amostras foi de 98%, valor que está de acordo com o esperado pelas definições de Mao, Russel e Pourdeyhimi (2007), que definem a faixa de 80 a 98% de porosidade para materiais não-tecidos de espessuras elevadas.

As variações verificadas nos resultados da caracterização física apresentada são esperadas, conforme citam Mao, Russel e Pourdeyhimi (2007), sendo explicadas pelos processos de fabricação, equipamentos e controle de qualidade envolvidos na fabricação dos materiais.

As condições ambientais na ocasião do ensaio foram: temperatura igual a 23,6°C; umidade relativa do ar igual a 53,4% e pressão igual a 14,6 psi.

4.2 REAÇÃO AO FOGO

Seguindo o método supracitado, foram obtidos os resultados de reação ao fogo das amostras, apresentados e analisados a seguir. Os resultados na íntegra, bem como condições ambientais e data dos ensaios, estão apresentados no APÊNDICE A.

Na Tabela 9 estão apresentados os resultados médios das amostras analisadas de lã de PET de espessura 60 mm e densidades de 20 e 30 kg/m³, sem aplicação de proteção passiva.

Tabela 9 - Resultados médios do ensaio de ignitabilidade das amostras M20 e M30

Amostra	Ocorrência de ignição	Altura da chama ≥ 150 mm	t150	Sustentação da chama	Gotejamento	Ignição do filtro de papel	Formação de bolhas
M20	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
M30	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não

Fonte: Elaborada pela autora.

É visto que, independentemente da densidade do material, todas as amostras ensaiadas sofreram ignição, porém, não atingiram altura de chama maior que 150 mm e o material não sustentou a chama após o desligamento do equipamento de ensaio. A lã de PET não apresentou gotejamento e nem formação de bolhas.

A Tabela 10, apresenta os resultados médios do ensaio de ignitabilidade para as amostras de lã de PET com tecido com retardante de chamas específico, nas densidades de 20 e 30 kg/m³.

Tabela 10 - Resultados médios do ensaio de ignitabilidade das amostras M20T e M30T

Amostra	Ocorrência de ignição	Altura da chama ≥ 150 mm	t150	Sustentação da chama	Gotejamento	Ignição do filtro de papel	Formação de bolhas
M20T	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
M30T	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não

Fonte: Elaborada pela autora.

Os resultados obtidos nos ensaios foram iguais aos resultados obtidos para a lã de PET crua, ou seja, o tecido com retardante não impediu a ignição do material. Foi perceptível durante a execução do ensaio, que a ignição demorou alguns segundos a mais para ocorrer e a altura da chama ficou menor que nas amostras de lã de PET sem proteção, porém o desempenho continua insuficiente.

Os resultados da amostra de lã de PET com tinta intumescente estão apresentados na Tabela 11, para lã com densidade de 20 kg/m³ e na Tabela 12, para lã com densidade de 30 kg/m³. Nestas tabelas, apresentam-se os resultados de todos os exemplares ensaiados.

Tabela 11 - Resultados do ensaio de ignitabilidade da amostra M20R

Exemplar	Ocorrência de ignição	Altura da chama ≥ 150 mm	t150	Sustentação da chama	Gotejamento	Ignição do filtro de papel	Formação de bolhas
M20R-A	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
M20R-B	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
M20R-C	Não	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
M20R-D	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
M20R-E	Não	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
M20R-F	Não	Não	N/A	Não	Não	Não	Não

Fonte: Elaborada pela autora.

É possível verificar que metade dos exemplares não sofreram ignição durante o ensaio, tanto para a amostra de densidade igual a 20 kg/m³, quanto para a densidade de 30 kg/m³. Esses resultados sugerem que, nas amostras onde a aplicação da tinta foi homogênea, a tinta agiu como uma barreira física, impedindo a queima do material e a consequente propagação da chama pela sua superfície.

Tabela 12 - Resultados do ensaio de ignitabilidade da amostra M30R

Exemplar	Ocorrência de ignição	Altura da chama ≥ 150 mm	t150	Sustentação da chama	Gotejamento	Ignição do filtro de papel	Formação de bolhas
M30R-A	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
M30R-B	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
M30R-C	Não	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
M30R-D	Não	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
M30R-E	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
M30R-F	Não	Não	N/A	Não	Não	Não	Não

Fonte: Elaborada pela autora.

Os resultados apontam para o fato de que as amostras não possuem uma aplicação da tinta de forma homogênea, o que gera espaços sem proteção por onde o fogo penetra na estrutura da lã de PET e inicia a queima. Ou seja, se a aplicação não for realizada de forma a cobrir toda a superfície do material em questão, o produto perde a sua função de proteção. É necessário haver uma padronização na aplicação da tinta intumescente para que ela não perca a sua funcionalidade.

A Figura 15 e a Figura 16 trazem a comparação da altura que a chama atingiu em cada tipo de material, para ambas as densidades ensaiadas, o que evidencia a necessidade da aplicação de proteção passiva nos materiais de acabamento e revestimento.

Figura 15 – Amostras de densidade aparente 20 kg/m^3 , após ensaio de ignitabilidade

(a) Amostra M20



(b) Amostra M20T



(c) Amostra M20R

Fonte: Registrada pela autora.

Apesar das amostras com tecido terem sofrido ignição, a chama demorou mais tempo para se espalhar pela extensão da superfície do material, ou seja, maior tempo para propagação da chama.

Figura 16 - Amostras de densidade aparente 30 kg/m^3 , após ensaio de ignitabilidade



Fonte: Registrada pela autora.

Se consideradas as características químicas do produto aplicado no tecido de poliéster, à base de amônio, é possível considerar que existem compostos com propriedades retardantes mais eficientes, como a comparação feita no estudo de Liu, Xuejia e Yu (2015), que apontou um melhor desempenho do aditivo retardador dimetilfosfonato em relação ao polifosfato de amônio.

Já a composição química da tinta intumescente é a base de fósforo e melamina, mesmos aditivos utilizados na pesquisa de Li et al. (2019), onde estes, aplicados à espuma de poliuretano, tiveram desempenho favorável no que tange à proteção contra fogo. O desempenho da tinta aplicada na lã de PET no ensaio de reação ao fogo, inibindo a ignição do material, tem assim, seus resultados corroborados em bibliografia.

Por fim, os resultados sugerem que, somente as amostras de lã de PET com aplicação com a aplicação correta e homogênea de tinta intumescente não sofrem ignição, independente da densidade do material. Portanto, a relação da aplicação

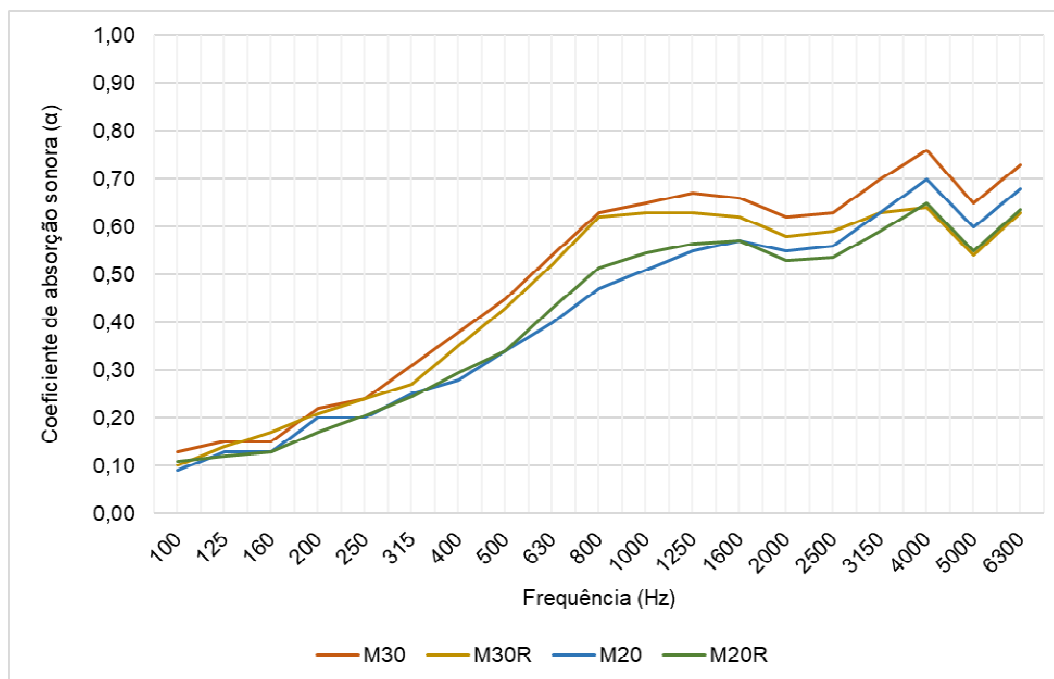
desse revestimento com a perda ou ganho no que tange à absorção sonora deve ser estudada.

4.3 COEFICIENTES DE ABORÇÃO SONORA

A seguir estão apresentados os resultados de absorção sonora dos materiais e suas análises, seguindo o método supracitado. Os resultados na íntegra, bem como condições ambientais e data dos ensaios, estão apresentados no APÊNDICE B.

As amostras ensaiadas e seus coeficientes de absorção sonora, por banda de um terço de oitava (100 a 6.300 Hz), estão expressos por meio do Gráfico 1. O gráfico realiza um comparativo geral das amostras de lã de PET de 60 mm de espessura e densidades de 20 e 30 kg/m³, com e sem a aplicação de tinta intumescente.

Gráfico 2 – Comparação das curvas de absorção sonora médias entre os materiais ensaiados



Fonte: Elaborado pela autora.

A partir do Gráfico 2 é possível verificar que, para todas as amostras ensaiadas, os coeficientes de absorção sonora obtiveram um espectro com baixa capacidade de absorção nas bandas de baixa frequência, elevada absorção nas bandas de média frequência e pico de acréscimo e consecutivo pico de decréscimo nas bandas de alta frequência. Os resultados, assim como a comportamento da curva de absorção sonora corroboram com o verificado em bibliografia, para materiais fibrosos e para lã de PET. (PATRICIO, 2018; EGAN, 2007; KILIPPEL FILHO, 2017; KLIPPEL FILHO, 2021). Além disso, os resultados apresentados tornam o material competitivo quando comparado com lã de vidro de espessura e densidade similar. (DEL REY et al., 2011; KLIPPEL FILHO et al., 2017).

É possível verificar a grande influência da característica física de densidade das amostras na capacidade de absorção sonora, uma vez que, as mantas de 30 kg/m³ obtiveram coeficientes de absorção sonora mais altos. Na maioria das bandas de frequência analisadas, os maiores resultados foram verificados na amostra de lã de PET mais densa, uma vez que, a maior quantidade de fibras presente por unidade de área promove maior redução na energia das ondas sonoras, indo de encontro com o que está em bibliografia. Esta tendência foi verificada tanto para as amostras sem, como para as amostras com a aplicação de revestimento de proteção contra fogo. (EVEREST; POHLMANN, 2015; KLIPPEL, 2021; NEWELL, 2012; DUNNE; DESAI; SADIKU, 2017).

Pode ser percebido que, a partir da banda de frequência de 4000Hz as amostras M20R e M30R apresentam valores de absorção sonora muito similares, o que indica que a aplicação de tinta, entre as bandas de frequência de 4000 e 6300Hz, é mais prejudicial para materiais com densidade mais elevada.

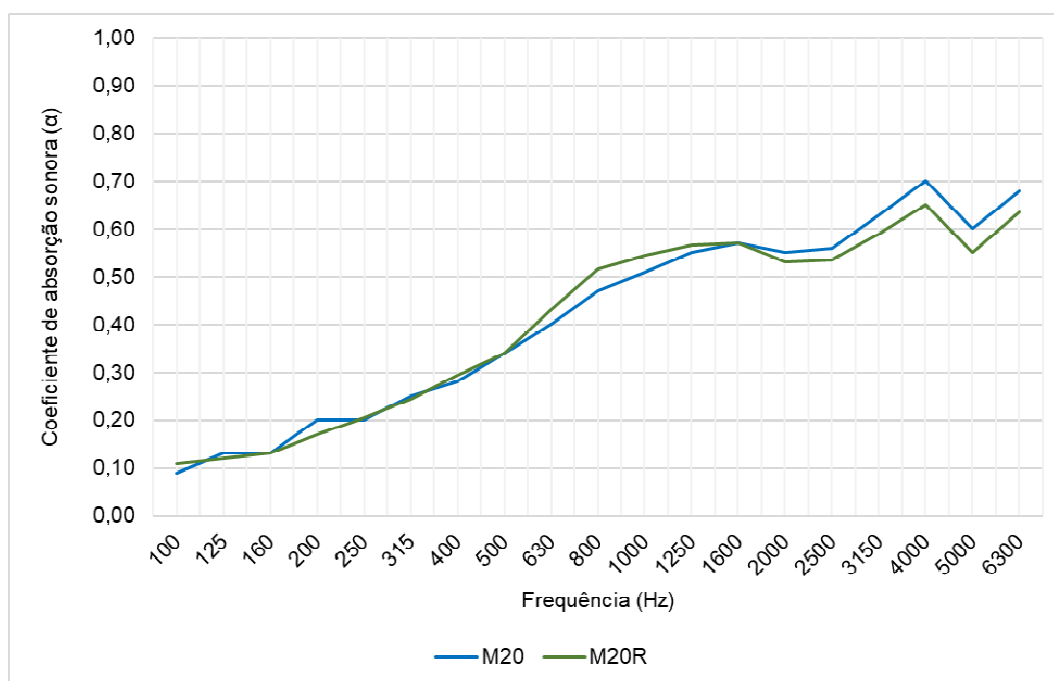
A partir dos coeficientes de absorção obtidos nos ensaios relacionados ao desempenho da lã com a tinta intumescente, é possível afirmar que na lã mais densa houve um decréscimo de 16% no coeficiente de absorção nas bandas de 4000 e 5000 Hz, e na manta de 20 kg/m³ houve decréscimo de 7% na absorção sonora do material, nas bandas de 4k Hz e 5k Hz.

O maior aumento de absorção sonora com a aplicação de tinta, para a amostra de 30 kg/m³ foi de 13% na banda de 160 Hz. A amostra de 20 kg/m³ teve mais pontos ao longo da curva, onde apresentou absorção maior que a M20, sendo o ponto com maior acréscimo a banda de 800 Hz, com aumento de 10%.

De maneira a analisar melhor a influência da aplicação de produtos de proteção passiva nas mantas de lã de PET, o Gráfico 2 foi dividido em outros dois gráficos, sendo o critério de separação a densidade dos materiais.

Assim, o Gráfico 3 apresenta as curvas de absorção sonora médias da lã de PET de 20 kg/m³ sem e com tinta intumescente. Ocorreu que, com a aplicação da tinta contra fogo, o material apresentou uma curva mais homogênea nas baixas frequências, ficando inclusive, com um valor elevado na banda de 100Hz, em relação ao material sem a aplicação do produto.

Gráfico 3 - Comparação das curvas de absorção sonora médias – Lã de PET 20 kg/m³ sem tinta intumescente e lã de PET 20 kg/m³ com tinta intumescente

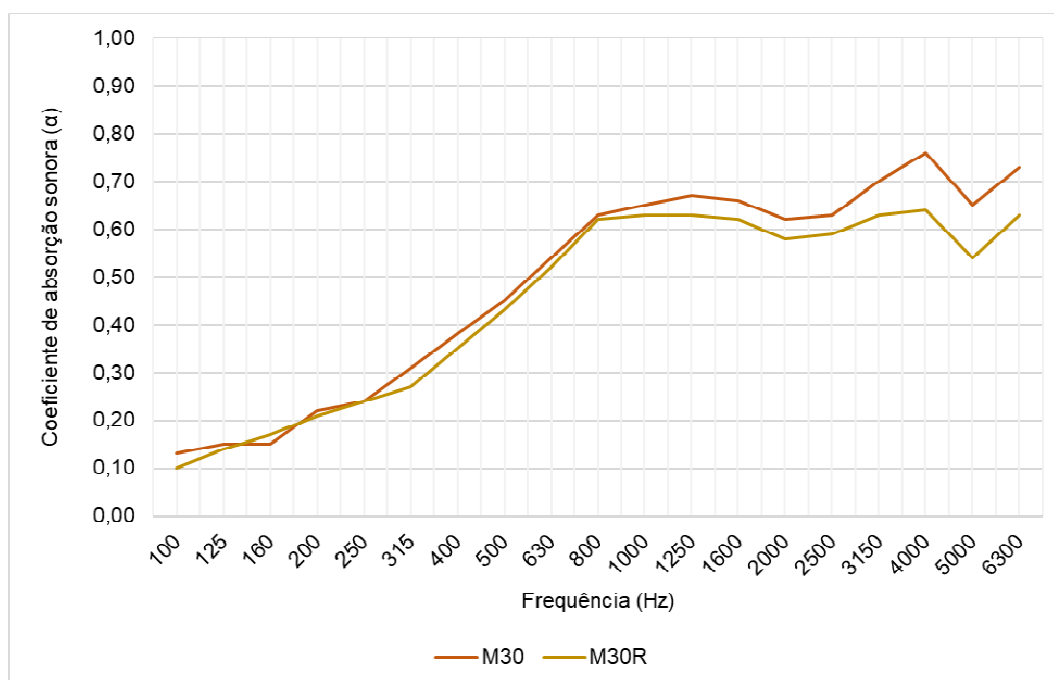


Fonte: Elaborado pela autora.

Ademais, pode ser visto um ganho na absorção sonora do material a partir da banda de frequência de 500Hz até 1600Hz. A partir desse ponto, há um decréscimo na curva de absorção sonora, ficando abaixo da curva apresentada pela lã de PET crua. Entretanto, é visto que a curva apresentada pela lã de PET com tratamento segue o mesmo perfil da curva obtida para lã de PET sem tratamento.

No Gráfico 4 está exposta a comparação das curvas de absorção sonora médias da lã de PET de 30 kg/m³ com e sem aplicação de tinta intumescente.

Gráfico 4 - Comparação das curvas de absorção sonora médias – Lã de PET 30 kg/m³ sem tinta intumescente e lã de PET 30 kg/m³ com tinta intumescente



Fonte: Elaborado pela autora.

A amostra com tinta intumescente apresentou uma curva mais homogênea nas baixas frequências, em relação à amostra sem revestimento. Entretanto, somente obteve um valor mais alto de absorção sonora entre as bandas de 125 e 200 Hz. Em todas as outras bandas de frequência ensaiadas, o material com a aplicação de proteção passiva apresentou resultados inferiores ao material sem o tratamento, indo de encontro ao que foi verificado nas amostras de densidade igual a 20 kg/m³, onde houve um ganho de absorção sonora nas médias frequências.

Do mesmo modo que foi visto no Gráfico 3, os materiais com e sem proteção passiva apresentaram curvas com perfil semelhante.

Ainda, no Gráfico 4, é possível verificar decréscimo acentuado a partir da banda de 800 Hz da M30R em relação a M30. Esse decréscimo, quando comparado com o decréscimo sofrido pela M20R em relação à M20 é mais substancial, indicando relação com a densidade do material.

Indo ao encontro do que explicam Patrício (2018), Egan (2007) e Price e Mulholland (1968), a aplicação de tinta no material poroso, considerando que a lã de PET utilizada nesta pesquisa apresentou porosidade de 98% para ambas as

densidades), influencia na sua forma de absorver as ondas sonoras. Corroborando com a bibliografia, os resultados mostraram melhora de desempenho nas baixas frequências e decréscimo nas bandas de frequência medias e altas.

Considerando o que, o ouvido humano é mais sensível a sons agudos, as altas frequências precisam de maior atenção quando se trata de isolamento e condicionamento acústico. Desta forma, o decréscimo nas altas frequências no material com a proteção passiva ao fogo é bastante desfavorável e deve ser levado em conta na hora da aplicação do material acústico no ambiente.

Quando os resultados apresentados no Gráfico 1 são comparados com os resultados encontrados em bibliografia Klippel Filho (2021), Klippel Filho et al. (2017) e Del Rey et al. (2011), verifica-se maior diferença nas baixas e medias frequências, onde o coeficiente de absorção sonora ficou menor que o apresentado pelos autores. Porém, nas altas frequências, os valores dos coeficientes tiveram grande acréscimo em comparação com o exposto na bibliografia. Tais diferenças podem se dar pelo uso de diferentes métodos de ensaio. Nesse caso, o uso de proteção passiva contra fogo não influenciou na análise, uma vez que as curvas dos coeficientes de absorção sonora dos materiais com proteção seguiram o mesmo perfil das curvas dos materiais que não receberam.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo foi desenvolvido devido a necessidade de relacionar a influência da aplicação de revestimentos superficiais de proteção passiva ao fogo em materiais acústicos fibrosos, mais especificamente, a lã de PET. Para tal, foi utilizada a manta de lã de PET como substrato e sobre ela foram aplicados tinta intumescente e tecido com retardante de chamas. Para obter os resultados e serem possíveis as análises, foram realizados ensaios de ignitabilidade e de absorção sonora, além de pesquisa bibliográfica e caracterização física da manta de lã de PET.

Os ensaios de ignitabilidade demonstraram que somente a aplicação uniforme e homogênea de tinta intumescente pode inibir a ignição e propagação de chamas no material analisado. O tecido que recebeu tratamento com retardante de chamas à base de amônio sofreu combustão da mesma forma que a lã de PET crua, tirando somente o fato de retardar a propagação das chamas na superfície da amostra.

Com base nos resultados apresentados para o ensaio de absorção sonora, é possível concluir que as curvas de absorção sonora média dos materiais sem e com tinta intumescente possuem valores próximos, com diferenças um pouco maiores na região de alta frequência, onde ocorre um decréscimo no coeficiente de absorção sonora dos materiais com tinta intumescente em relação aos materiais sem aplicação de tinta. É possível verificar também, que a diferença de densidade dos materiais ensaiados é mais significativa do que a presença ou não do material retardante.

Este estudo corroborou com a hipótese de que há alteração no desempenho acústico após a aplicação de produto de revestimento intumescente, porém, em posse de conhecimento sobre a dimensão dessa alteração, é possível aplicar o material no mercado, uma vez que, a densidade interfere mais nos resultados do que a aplicação do produto de proteção passiva.

Por fim, é ressaltada novamente a importância de prever a segurança contra incêndio nos materiais de revestimento e acabamento utilizados na construção civil e de haver mais estudos relacionando reação ao fogo e desempenho acústico de materiais.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C423a** - Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method. 2009.

ASDRUBALI, Francesco; D'ALESSANDRO, Francesco; SCHIAVONI, Samuele. A review of unconventional sustainable building insulation materials. **Sustainable Materials and Technologies**, [s.l.], 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/279246264_A_review_of_unconventional_sustainable_building_insulation_materials. Acesso em: 06 jun. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 12984**: não tecido: determinação da massa por unidade de área. Rio de Janeiro: 2009a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16626**: classificação da reação ao fogo de produtos de construção. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9442**: materiais de construção: determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

BARRON, R. F. **Industrial noise control and acoustics**. 1. ed. New York: Marcel Dekker Inc, 2003.

BERTOLINI, M. S.; MORAIS, C. A. G.; CHRISTOFORO, A. L.; BERTOLI, S. R.; SANTOS, W. N.; ROCCO, F. A. L. Acoustic absorption and thermal insulation of wood panels: influence of porosity. **BioResources**, v. 14, n. 2, p. 3746-3757, 2019. Disponível em: https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_14_2_3746_Bertolini_Acoustic_Absorption_Thermal_Insulation. Acesso em: 29 mar. 2022.

BRANDÃO, Eric. **Acústica de salas**. São Paulo: Edgard Blucher, [S.l.], 2016.

BRASIL. **Lei Federal 13.425, de 30 de março de 2017**. Estabelece diretrizes gerais sobre medidas de prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público. Brasília, 2017.

BRAVO, T.; MAURY, C. Sound attenuation and absorption by anisotropic fibrous materials: theoretical and experimental study. **Journal of Sound and Vibration**, v. 417, p. 165-181, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022460X1730809X?via%3Di%3Dhub>. Acesso em: 19 nov. 2021.

BRITISH STANDARDS. **BS EN 13501-1**: fire classification of construction products and building elements: classification using data from reaction to fire tests. 2018.

BRITISH STANDARDS. **BS EN 13823**: reaction to fire tests for building products: building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item, 2020.

CAMINO, G.; COSTA, L.; MARTINASSO, G. Intumescent fire-retardant systems. *In: Polymer Degradation and Stability*, [s.l.], v. 23, n. 4, p. 359-376, 1989.

CARVALHO, Régio Paniago. **Acústica Arquitetônica**. 2. ed. Brasília: Editora Thesaurus, 2006.

Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo. **Instrução técnica nº 10/2019** - Controle de materiais de acabamento e de revestimento. São Paulo, 2019.

COUTINHO, Bianca Alvarenga; CORRÊA, Antônio Ramos. A Interpretação do Controle de Materiais de Acabamentos e de Revestimento no Processo de Segurança Contra Incêndio e Pânico. **E&S - Engineering and Science**, [s.l.], v. 5, n. 2. 2016. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/4347>. Acesso em: 02 ago. 2021.

COX, T. J.; D'ANTONIO, P. **Acoustic absorbers and diffusers**: theory, design and application. 3. ed. New York: Taylor & Francis, 2017.

CRISTALE, J. et al. Occurrence of flame retardants in landfills: A case study in Brazil. **Environmental Research**, [s. l.], v. 168, p. 420–427, jan. 2019. Acesso em: 14 abr. 2022.

DANIHELOVÁ, Anna *et al.* Influence of Flame Retardant Impregnation on Acoustic and Thermophysical Properties of Recycled Technical Textiles with the Potential for Use in Wooden Buildings. **Polymers**, [s. l.], v. 13, n. 16. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/polym13162598>. Acesso em: 28. dez. 2021.

DE PAULA, Marcos Oliveira; LOIOLA, Pedro Licio; MOREIRA, Gisele Rodrigues; SEGUNDINHO, Pedro Gutemberg de Alcântara. Análise termomecânica da madeira de *Corymbia citriodora* submetida a gradientes térmicos. **Revista Floresta e Ambiente**, [s.l.], v. 21, n. 3, p. 358-368, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/301677944_Analise_Termomecanica_da_Madeira_de_Corymbia_citriodora_Submetida_a_Gradientes_Termicos. Acesso em: 08 jan. 2022.

DEL REY, R.; ALBA, J.; RAMIS, J.; SANCHÍS, V. J. New absorbent acoustic materials from plastic bottle remnants. **Materiales de Construcción**, v. 61, n. 304, p. 547-558, 2011. Disponível em:

<http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/65>.
Acesso em: 14 nov. 2021.

DO CARMO, Sylvio. Características de reação ao fogo dos materiais e seu aprimoramento por meio do emprego de produtos retardantes. *In: Seminário Internacional de Proteção Passiva*, 31 ago. 2016, São Paulo. **Anais eletrônicos [...]**. ABICHAMA, 2016.

DUNNE, R.; DESAI, D.; SADIKU, R. A review of the factor that influence sound absorption and the available empirical models for fibrous materials. **Acoustics Australia**, v. 45, n. 2, p. 453-469, 2017. Disponível em: https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-doi-10_1007-S40857-017-0097-4. Acesso em: 04 abr. 2022.

EGAN, M. D. **Architectural Acoustics**. 1. ed. Nova Iorque: Editora J, 2007.

EVEREST, F. A.; POHLMANN, K. C. **Master handbook of acoustics**. 6. ed. New York: McGraw Hill Education, 2015.

FATIMA, S., MOHANTY, R. Acoustical and Fire-Retardant Properties of Jute Composite Materials. **Applied Acoustics**, [s. l.], v. 72 n. 2–3, p. 108–14, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2010.10.005>. Acesso em: 26 fev. 2022.

FINK, U.; HAJDUK, F.; WEI, I.; MORI, H. **Flame retardants**: Specialty Chemicals. SRI Consulting. Englewood, 2008. Disponível em: <http://www.ihs.com/products/chemical/planning/scup/flame-retardants.aspx?pu=1&rd=chemihs> and. Acesso em: 28 mar 2021.

FRANGI, Andre; FONTANA, Mario, SCHLEIFER, Vanessa. Fire Behaviour of Timber Surfaces with Perforations. **Fire and Materials**, [s. l.], v. 29, n. 3, p.127–46. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/fam.872>. Acesso em: 08 jan. 2022.

GOMES, F. G. **Reação ao fogo de materiais de revestimento e de acabamento internos**: verificação de laudo dos principais produtos vendidos em Porto Alegre (RS). Trabalho de Diplomação (Departamento de Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2017.

HALE, R. C. *et al.* Polybrominated diphenyl ether flame retardants in the North American environment. *In: Environment International*, [s.l.], v. 29, n. 6, p. 771-779, 2003.

HENNEMANN, G. *et al.* Verification of the reaction to fire of water-based and oil-based enamel paints used as finish of walls in residential buildings. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 24, n.4, 2019.

HORROCKS, A. R.; PRICE, D. **Advances in Fire Retardant Materials. Woodhead Publishing Series in Textiles**. 1. st. Elsevier Science. 19 Sep. 2008. E-book.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **NM ISO 5084**: textil: determination of thickness of textiles and textile products. Geneva: ISO, 1996.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 10534**: acoustics: determination of Sound Absorption Coefficient and Impedance in Impedance Tubes - Part 2: transfer-function Method. 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 11654**: acoustics: sound absorbers for use in buildings rating of sound absorption. 1997.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 11925**: reaction to fire tests: Ignitability of products subjected to direct impingement of flame — Part 2: single-flame source test. 2020.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 354**: acoustics: measurement of sound absorption in a reverberant room. 2003.

KLIPPEL FILHO, Sergio. **Análise da absorção sonora de painéis e baffles a base de resíduos de politereftalato (PET)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2021. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/9740>. Acesso em: 14 abr. 2022

KLIPPEL FILHO, S. *et al.* Uso da lã de PET para a absorção sonora e o isolamento acústico. **Acústica e Vibrações**, [S.l.], v. 49, p. 59-69, 2017.

KÜCÜK, M.; KORKMAZ, Y. Sound absorption properties of bilayered nonwoven composites. **Fibers and Polymers**, v. 16, n. 4, p. 941-948, 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12221-015-0941-9>. Acesso em: 15 dez. 2021.

KUCZMARSKI, M. A.; JOHNSTON, J. C. Acoustic Absorption in Porous Materials. **NASA Scientific and Technical Information Program (NASA/TM—2011-216995)**. Ohio, 2011.

KUTTRUFF, H. **Room acoustics**. 6. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.

LI, Ting *et al.* Nitrogen/Phosphorus Synergistic Flame Retardant-Filled Flexible Polyurethane Foams: Microstructure, Compressive Stress, Sound Absorption, and Combustion Resistance. **RSC Advances**, [s. l.], v. 9, n. 37, p. 21192–201, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/c9ra02332a>. Acesso em: 26 fev. 2022.

LIM, Z. Y.; PUTRA, A.; NOR, M. J. M.; YAAKOB, M. Y. Sound absorption performance of natural kenaf fibres. **Applied Acoustics**, v. 130, p. 107-114, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003682X17305583>. Acesso em: 24 out. 2019.

LIN, J.; LIN, R. Proteção Passiva Contra o Fogo. **Revista Emergência**, Rio Grande do Sul, p. 40-43, 2014.

LIU, Fengjiao; XUEJIA Ding; YU, Su. Properties of Rigid Polyurethane Foams Produced by the Addition of Phosphorus Compounds. **American Association for Science and Technology**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 14–19. 7 Jul. 2015.

LU, Jinhan *et al.* Design of Fire Resistant, Sound-Absorbing and Thermal-Insulated Expandable Polystyrene Based Lightweight Particleboard Composites. **Elsevier, Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 305, p.124773. 25 Oct. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061821025277?via%3Dihub>. Acesso em: 08 jan. 2022.

LYU, Lihua *et al.* Sound Absorption, Thermal, and Flame Retardant Properties of Nonwoven Wall Cloth with Waste Fibers. **Journal of Engineered Fibers and Fabrics**, [s. l.], 18 June 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1558925020934124>. Acesso em: 23 mar. 2022.

MAO, N.; RUSSELL, S. J.; POURDEYHIMI, B. Characterization, testing and modelling of nonwoven fabrics. *In*: RUSSELL, S. J. **Hanbook of Nonwovens**. 1. ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2007. p. 401-514.

MARQUES, V. D.; RIBES, D. D.; CANIL, V. C. M.; GATTO, D. A. Retardantes de chamas comerciais em quatro variedades de eucalipto. **Revista Matéria**, [S.l.] v. 23, n. 3, 2018.

MOREIRA, P. E. R. **Reação ao fogo dos materiais e tempo de escape em edifícios de centros comerciais no brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2002. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/6705>. Acesso em: 17 out. 2022.

MWANZA, B. G.; MBOHWA, C. Drivers to sustainable plastic solid waste recycling: a review. **Procedia Manufacturing**, v. 8, p. 649-656, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917300896>. Acesso em: 11 mar. 2021.

NEWELL, P. **Recording studio design**. 3. ed. Boca Raton: Elsevier Ltd, 2012.

NUNES, S. A. **Influência do uso de retardantes de chama halogenados e não halogenados em poliolefinas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/94181>. Acesso em: 17 out. 2022.

OLIVEIRA, R. B. R. S.; MORENO JUNIOR, A. L.; VIEIRA, L. C. M. Intumescent paint as fire protection coating. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 220-243, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/b9WQCKTPTCx8gmNdmWXTnk/?lang=en>. Acesso em: 17 out. 2022.

PATNAIK, A.; MVUBU, M.; MUNIYASAMY, S.; BOTHA, A.; ANANDJIWALA, R. D. Thermal and sound insulation materials from waste wool and recycled polyester fibers and their biodegradation studies. **Energy and Buildings**, v. 92, p. 161-169, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778815000821>. Acesso em: 16 dez. 2021.

PATRÍCIO, J. **Acústica nos edifícios**. 7. ed. Lisboa: Editora Engebook, 2018.

PESTANA, C. P.; BORGES, K. B.; DA FONSECA, P.; DE OLIVEIRA, D. P. Risco ambiental da aplicação de éteres de difenilas polibromadas como retardantes de chama. **Revista Brasileira de Toxicologia**, [s. l.], v. 21, n. 2, p. 41-48. 2008. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-524335>. Acesso em: 05 jun. 2021.

PIERONI, M. C.; LEONEL, J.; FILLMANN, G. Retardantes de chama bromados: uma revisão. **Química Nova**, [s. l.], v. 40, n. 3, p. 317-326, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/BRBsTQNLfVVBVjCMprqhqr/?lang=pt>. Acesso em: 25 mai. 2022.

POURMOHAMMADI, A. Thermal bonding. *In*: RUSSEL, S. J. **Handbook of nonwovens**. 1. ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2007. p. 298-329.

PRICE, A. J.; MULHOLLAND, K. A. The effect of surface treatment on sound-absorbing materials. **Applied Acoustics**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 67-72, 1968. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0003-682X\(68\)90009-1](https://doi.org/10.1016/0003-682X(68)90009-1). Acesso em: 25 mai. 2022.

QIU, X. Principles of sound absorbers. *In*: PADHYE, R.; NAYAK, R. **Acoustic textiles**. 1. ed. Singapore: Springer Science + Business Media, 2016. p. 43-72.

RABELLO, M.; DE PAOLI, M. A. **Aditivação de termoplásticos**. [S. l.]: Editora Artliber, 2013.

RIZZO, M. V.; NUNES, M. F. O.; ZENI, M.; GRISA, A. M. C. Reação ao fogo, isolamento térmico e desempenho acústico de aglomerados de poliuretano rígido com adição de fibras naturais. **Scientia Cum Industria**, [s. l.], v. 3, p. 17-22, 2015.

RUSSELL, S. J.; SMITH, P. A. Technical fabric structures: 3: nonwoven fabrics. *In*: HORROCKS, A. R.; ANAND, S. C. **Handbook of Technical Textiles**. 2. ed. Cambridge: Elsevier Ltd, 2016. p. 163-188.

SEITO, A. *et al.* **A segurança contra incêndio no Brasil**. Projeto Editora: São Paulo, 2008.

SILVA, C. M. O. **Proteção passiva contra incêndio em edificações escolares de médio porte e baixa altura**: análise do projeto espaço educativo urbano de 12 salas. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/5863>. Acesso em: 08 jan. 2022.

SINGH, V. K.; MUKHOPADHYAY, S. Manufacturing methods for acoustic textiles. *In*: PADHYE, R.; NAYAK, R. **Acoustic textiles**. 1. ed. Singapore: Springer Science + Business Media, 2016. p. 93-113.

SKINNER, L. C. Distributions of polyhalogenated compounds in Hudson River (New York, USA) fish in relation to human uses along the river. **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 159, n. 10, p. 2565–2574, out. 2011. Acesso em: 14 abr. 2022.

TROITZSCH, J. H. Methods for the fire protection of plastics and coatings by flame retardant and intumescent systems. **Progress in Organic Coatings**, [s. l.] v. 11, n. 1, p. 41-69, 1983. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0033-0655\(83\)80003-X](https://doi.org/10.1016/0033-0655(83)80003-X). Acesso em: 26. fev. 2022.

TROMBINI, Rejane Cristina. **Desenvolvimento e caracterização de composições polipropileno/cargas retardantes de chama**. Tese (Doutorado Ciência e Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/666/TeseRCT.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 abr. 2022

WEIL, E. D.; LEVCHIK, S. V. **Flame Retardants for Plastics and Textiles - Practical Applications**. 2. ed. Monique: Editora Hanser, 2015.

WILKIE, C. A.; MORGAN, AL. B. **Fire Retardancy of Polymeric Materials**. 2. ed. Editora Taylor and Francis, 2010.

XU, Yongjian *et al.* Novel Porous Fiber-Based Composites with Excellent Sound-Absorbing and Flame-Retardant Properties. **Journal of Wood Chemistry and Technology**, London, v. 40, n. 5, p. 285–93, 3. Sep. 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02773813.2020.1781897>. Acesso em: 14 abr. 2022.

ZHANG, Y. *et al.* Biomagnification of Hexabromocyclododecane (HBCD) in a coastal ecosystem near a large producer in China: Human exposure implication through food web transfer. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 624, p. 1213–1220, 2018. Acesso em: 14 abr. 2022.

APÊNDICE A – RESUMO DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS DE IGNITABILIDADE

Tabela 13 - Resultados dos ensaios de ignitabilidade

Amostra	Exemplar	Ocorrência de ignição	Altura da chama ≥ 150 mm	t150	Sustentação da chama	Gotejamento	Ignição do filtro de papel	Formação de bolhas
M20	M20-A	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M20-B	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M20-C	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M20-D	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M20-E	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M20-F	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
M20T	M20T-A	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M20T-B	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M20T-C	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M20T-D	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M20T-E	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M20T-F	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
M20R	M20R-A	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M20R-B	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M20R-C	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M20R-D	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M20R-E	Não	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M20R-F	Não	Não	N/A	Não	Não	Não	Não

(continua)

(conclusão)

Amostra	Exemplar	Ocorrência de ignição	Altura da chama ≥ 150 mm	t150	Sustentação da chama	Gotejamento	Ignição do filtro de papel	Formação de bolhas
M30	M30-A	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M30-B	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M30-C	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M30-D	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M30-E	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M30-F	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
M30T	M30T-A	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M30T-B	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M30T-C	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M30T-D	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M30T-E	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M30T-F	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
M30R	M30R-A	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M30R-B	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M30R-C	Não	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M30R-D	Não	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M30R-E	Sim	Não	N/A	Não	Não	Não	Não
	M30R-F	Não	Não	N/A	Não	Não	Não	Não

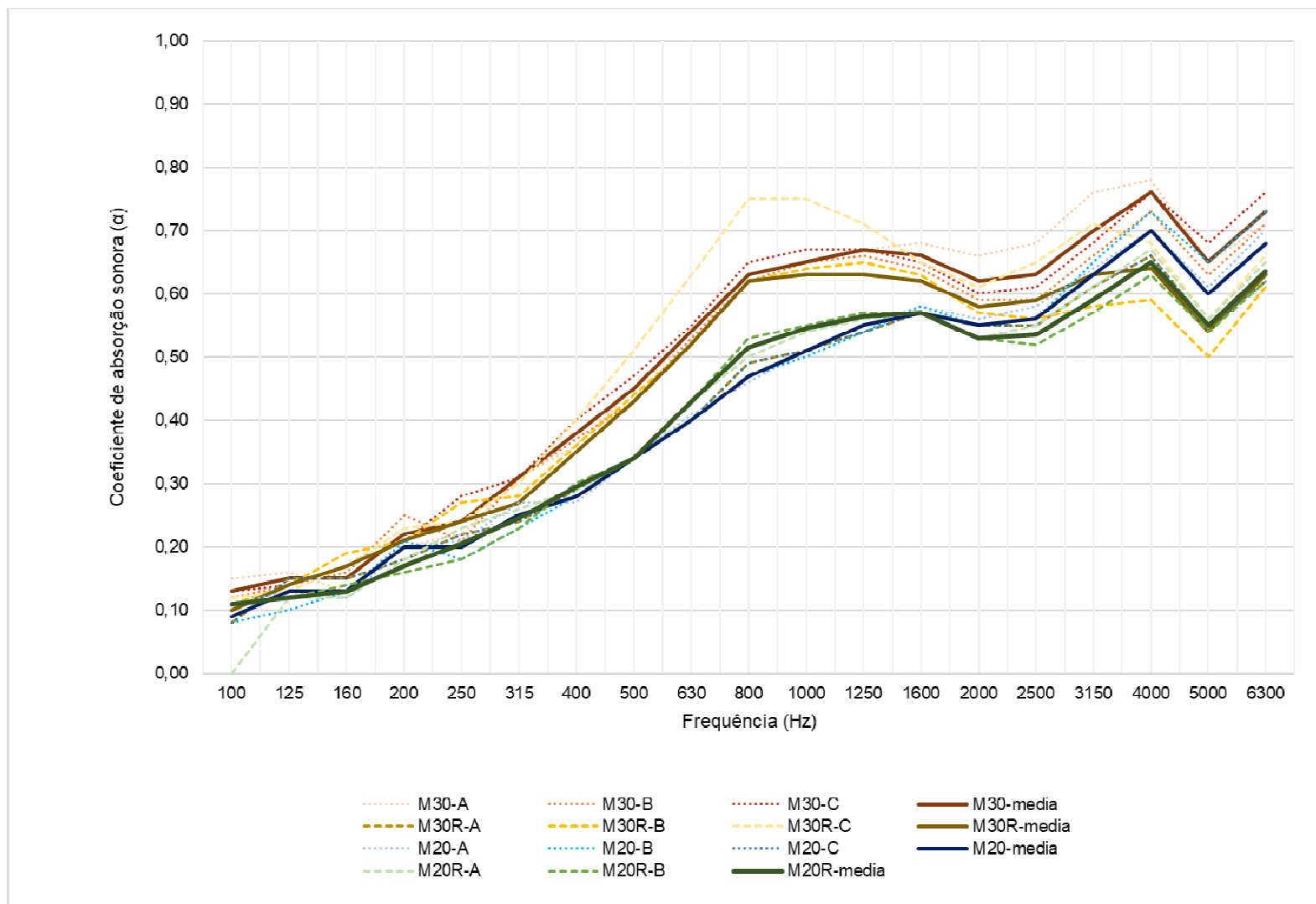
APÊNDICE B - RESUMO DOS RESULTADOS DE ABSORÇÃO SONORA

Tabela 14 - Resultados dos coeficientes de absorção sonora

Amostra	Exemplar	Frequência (Hz)																		
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300
M30	M30-A	0,15	0,16	0,13	0,20	0,22	0,31	0,36	0,45	0,53	0,63	0,65	0,67	0,68	0,66	0,68	0,76	0,78	0,65	0,71
	M30-B	0,12	0,14	0,16	0,25	0,21	0,31	0,37	0,43	0,53	0,62	0,65	0,66	0,64	0,59	0,59	0,66	0,73	0,63	0,71
	M30-C	0,13	0,14	0,17	0,21	0,28	0,31	0,40	0,47	0,55	0,65	0,67	0,67	0,65	0,60	0,61	0,68	0,76	0,68	0,76
	M30-media	0,13	0,15	0,15	0,22	0,24	0,31	0,38	0,45	0,54	0,63	0,65	0,67	0,66	0,62	0,63	0,70	0,76	0,65	0,73
M30R	M30R-A	0,08	0,15	0,15	0,18	0,22	0,24	0,29	0,34	0,40	0,49	0,51	0,54	0,57	0,55	0,55	0,61	0,66	0,55	0,62
	M30R-B	0,11	0,14	0,19	0,21	0,27	0,28	0,36	0,44	0,52	0,62	0,64	0,65	0,63	0,57	0,56	0,58	0,59	0,50	0,61
	M30R-C	0,12	0,13	0,17	0,23	0,24	0,30	0,40	0,51	0,63	0,75	0,75	0,71	0,65	0,61	0,65	0,71	0,68	0,56	0,66
	M30R-media	0,10	0,14	0,17	0,21	0,24	0,27	0,35	0,43	0,52	0,62	0,63	0,63	0,62	0,58	0,59	0,63	0,64	0,54	0,63
M20	M20-A	0,11	0,13	0,12	0,20	0,21	0,27	0,27	0,34	0,41	0,46	0,51	0,55	0,58	0,56	0,58	0,64	0,70	0,61	0,70
	M20-B	0,08	0,10	0,13	0,21	0,18	0,23	0,28	0,34	0,40	0,47	0,50	0,54	0,58	0,55	0,56	0,65	0,73	0,65	0,73
	M20-C	0,08	0,15	0,15	0,18	0,22	0,24	0,29	0,34	0,40	0,49	0,51	0,54	0,57	0,55	0,55	0,61	0,66	0,55	0,62
	M20-media	0,09	0,13	0,13	0,20	0,20	0,25	0,28	0,34	0,40	0,47	0,51	0,55	0,57	0,55	0,56	0,63	0,70	0,60	0,68
M20R	M20R-A	0,00	0,12	0,12	0,18	0,23	0,26	0,29	0,34	0,43	0,50	0,54	0,56	0,57	0,53	0,55	0,61	0,67	0,56	0,65
	M20R-B	0,11	0,12	0,14	0,16	0,18	0,23	0,30	0,34	0,43	0,53	0,55	0,57	0,57	0,53	0,52	0,57	0,63	0,54	0,62
	M20R-media	0,11	0,12	0,13	0,17	0,21	0,25	0,30	0,34	0,43	0,52	0,55	0,57	0,57	0,53	0,54	0,59	0,65	0,55	0,64

Observação: A amostra M20R possui um exemplar a menos, pois o terceiro exemplar foi contaminado antes do ensaio.

Figura 17 - Comparação das curvas de absorção dos materiais ensaiados



ANEXO A – FICHA DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO - CKC-333®



FISPQ –Ficha de Segurança de Produto Químico

CKC-333®

Número da FISPQ: 333

Páginas: 04

Data da última revisão: 19/07/2016

1. Identificação do Produto e da Empresa

Produto: pintura à prova de fogo à base de água

Código de produto: CKC-333®

Companhia: CKC do Brasil Ltda.

Rua das Rosas, 300- Mirandópolis, São Paulo – SP – Brasil - 04048-000

Telefone: 55-11-5584-6380/fax: 55-11-5585-1409

2. Identificação dos perigos

Classificação do perigo de Hmis

Toxicidade:	0
Inflamável:	0
Reatividade:	0
Proteção pessoal	B
Escala baixo	1
Moderado:	2
Elevado:	3
Extremo:	4

Vista geral Emergência : Nenhum

Efeitos sanitários potenciais:

Geral:	Nenhum perigo.
Inalação:	Pode conduzir à irritação da garganta e dos pulmões.
Ingestão:	Nenhum
Contato de pele:	Não causa a irritação em contato direto a pele.
Olhar diretamente nos olhos:	Irritação da causa de maio em cima do contato direto.

3. Composição e informação sobre os ingredientes

Ingrediente	CAS No.	%
Polifosfato de amônia	68333799	35 ~ 50%



Melamina	108781	10 ~ 25%
Pentaery thritol	115775	10 ~25%
Resina acrílica		5 ~ 30%
Água		25 ~50%

4. Medidas de primeiros socorros

Inalação:	Remova a pessoa para local com ar fresco.
Ingestão:	Consulte um médico e beba muita água.
Contato de pele:	Lavar com sabão e água.
Contato com os olhos:	Lave imediatamente com a água . Consulte um medico se a irritação persistir.

5. Medidas de combate a incêndio

Fogo:	Não inflamável.
Explosão:	Não considerado para ser um perigo da explosão.
Fogo - meios extinguindo:	Não inflamável. Use spray de água.
Informação especial:	Nenhum

6. Medidas de controle para derramamento ou vazamento

Etapas a ser recolhida do derramamento ou do escape.
 Manter a ventilação adequada. Impedir derramar ao esgoto. Usar a areia ou outro material para represar ou conter o derramamento.
 Armazenar em um recipiente fechado até a eliminação.

7. Manuseio e armazenamento

Manuseio: Manter recipientes firmemente fechados, uma pratica padrão higiênica (não comer, não beber e lavar as mãos em água após o manuseio do produto)
 Durante utilização manter local bem arejado.
 Armazenamento: Período 24 meses. Entre 5°C ~ 35°C com o recipiente completamente fechado em uma área protegida do sol e chuva.

8. Controles de exposição e proteção individual

Limites de exposição transportados por via aérea: Nenhum
 Sistema de ventilação: Um sistema de exaustão local e/ou geral é recomendado manter exposições do empregado.
 Limites de exposição transportados por via aérea. A ventilação de exaustão local é geralmente preferível porque pode controlar emissões do contaminador em sua fonte, impedindo a dispersão dela na área de trabalho geral. Consultar por favor ao original do ACGIH, ventilação industrial, um manual de práticas recomendadas, a maioria de edição recente, para detalhes.

EPIs necessários:

Respiradores pessoais: Máscara de poeira do desgaste durante o trabalho.
 Proteção de pele: Recomenda-se o uso de luvas protetoras.



12. Informação ecológica

Efeito ecológico: Toxicidade dos peixes (CL50) - Não classificado

Destino ambiental: Quando liberado no solo, este material não é esperado absorção na água subterrânea. Quando liberado no solo, este material não é esperado evaporar significativamente.

Quando liberado na água, este material não é esperado para evaporar significativamente.

13. Considerações sobre tratamento e disposição

Disponibilizar o desperdício pela operação de descarga sanitária ou pela incineração de acordo com regulamento local apropriados.

14. Informação sobre transporte

Nome de produto: Pintura à prova de fogo

Código de produto: CKC-333®

Tamanho: baldes de 18 lts (peso 25 Kg) em embalagem plástica.

Transporte terrestre: Produto não perigoso, empilhamento máximo de 02 níveis e fixações adequadas

Transportes aéreo: Produto não perigoso, empilhamento máximo de 02 níveis e fixações adequadas

Transporte hidroviário: Produto não perigoso

15. Regulamentações

Bens perigosos da saúde: NÃO

Bens perigosos ambientais: NÃO

Bens perigosos do fogo: NENHUM

16. A outra informação

Aviso do perigo: Nenhum

Cuidados: Evitar o contato com olhos.

Usar com ventilação adequada.

Lavar completamente após a manipulação.

Etiquetar primeiros socorros: Ajudar à pessoa a compreender e aproveitar exatamente do uso do produto dos materiais: Pintura à prova de fogo.

Observação: Esta informação é baseada em nosso estado atual de conhecimento. Não se deve conseqüentemente interpretar como garantindo o específico propriedades dos produtos descritos ou de sua conformidade para uma aplicação particular.

ANEXO B – FICHA TÉCNICA – CKC-333®

CKC-333®



Clique aqui para Cotação Online
Resposta garantida em 24h (dia útil)

TINTA ANTICHAMAS PARA ESPUMA ACÚSTICA

CATÁLOGO 2020

DESCRIÇÃO DO PRODUTO



CKC-333® para Espumas Acústicas é uma tinta intumescente à base de água de elevada performance para espumas acústicas de poliuretano expandido ou revestimentos com espuma. Suas propriedades incluem a intumescência a partir de 200°C (expansão de camada de carbono incombustível e resistente termicamente ao calor), a não propagação de chamas pelo substrato e

aditivos supressores de fumaça, que reduz consideravelmente a emissão de gases tóxicos decorrentes de um incêndio. O produto não altera significativamente as propriedades acústicas da espuma e pode ser aplicado por pincel, rolo ou spray airless. Ensaiado em laboratórios de primeiro mundo, é aprovado e recomendado para uso pelos Bombeiros de todo o Brasil.



GAMA DE APLICAÇÃO:

Ideal para aplicação em espumas acústica de poliuretano placas e painéis de espuma.

ACABAMENTOS:

Na cor branca, a pintura forma uma camada protetora. Pode ser pigmentado para obter tons pastéis ou receber aplicação de pintura de qualquer coloração à base de água. Produto acompanha certificado e documentação para comprovação de aquisição e área a ser tratada.

TEMPO DE AÇÃO:

A ação intumescente é permanente e inibe a propagação das chamas e reduz a emissão de fumaça e gases tóxicos.

MODO DE AÇÃO:

Quando em contato com o fogo, o CKC-333® aplicado sobre a espuma, intumesce, criando uma barreira espessa de carbono, que isolará termicamente o material protegido.

ENSAIOS:

Este produto foi ensaiado pelo laboratório IPT/USP de acordo com as normas NBR9442 e ASTM E662 e atende à IT/NT/NPT-10 e Classe II-A dos Bombeiros de todo Brasil. Para mais informações, consulte a Ficha Técnica.

Solicite um orçamento pelo site: www.ckc.com.br ou ligue para (11) 5584-6380.

Copyright © 2020 CKC do Brasil Ltda. Todos os direitos reservados
Rua das Rosas, 300 – Mirandópolis - Fone +55 (11) 5584-6380
CEP: 04048-000 - São Paulo - SP – Brasil
Visite o nosso site: www.ckc.com.br
Mais informações: info@ckc.com.br

Pág. [1/2]

Siga rigorosamente as instruções da Ficha Técnica e aos procedimentos de segurança para o uso deste produto.

FICHA TÉCNICA CKC-333® - ESPUMAS ACÚSTICAS

DESCRIÇÃO

O **CKC-333®** para ESPUMAS ACÚSTICAS é um revestimento intumescente à base de água acrílica, atóxico, inodoro, anti-mofo e anti-fungos; que à aproximadamente 200°C, dá início a um processo de expansão volumétrica, provocando o retardamento da elevação das temperaturas nos elementos de espuma acústica.

NÍVEL DE PROTEÇÃO

Quando ativada pelo calor, a camada de proteção poderá expandir-se em até 60 vezes sua espessura, quando exposta ao fogo.

ENSAIOS e RESULTADOS

- **NBR9442:86** (ASTM E 162) – Índice de propagação superficial de chamas pelo método do painel radiante.
 - Resultado: Ip<25
- **ASTM E622** – Densidade óptica de fumaça
 - Resultado: Dm<450
- Este produto atende à Classe II-A das IT/NT/NPT-10 dos Bombeiros

PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE

Todas as superfícies deverão estar secas e limpas antes da aplicação do produto. O produto deve ser aplicado em todas as faces expostas.

APLICAÇÃO

Misture bem até obter uma textura homogênea e aplique com pincel, rolo ou spray airless. Não é recomendada a aplicação quando a temperatura estiver inferior a 10° C ou quando a umidade relativa do ar estiver superior a 75%. Caso seja necessário, adicione 10 a 20% de água para uma melhor homogeneização do produto e sua absorção pela espuma. Pressione o rolo ou pincel contra a espuma, para assegurar que a pintura seja absorvida e trate as camadas internas do substrato. Caso opte pela aplicação por compressor ou pulverizador, recomendamos que seja aplicado em 3 a 4 demãos sequenciais, para que o produto seja absorvido por etapas. Assegure-se que toda superfície exposta da espuma acústica foi tratada.

PIGMENTAÇÃO E COLORAÇÃO

Nos casos onde se desejar uma cor diferente do branco, pode ser adicionado pigmento à base de água para obtenção de tons pastéis. Para uma coloração diferente, recomendamos que seja aplicado uma tinta à base de água e acrílica após a aplicação do CKC-333®. Esta pintura não afeta o funcionamento do produto antichamas.

ÁREA EXTERNA

Não é adequado para uso em espumas em áreas externas. Consulte nossa equipe técnica par alternativas.

RENDIMENTOS: 70m²/BALDE DE 18.9 LTS = (~270ml/m²) APROX +- 2 DEMÃOS

(O rendimento pode variar dependendo do tipo de da porosidade de cada material. Consulte-nos para maiores detalhes.)

TEMPO DE SECAGEM

Tempo entre demãos: mínimo de 5 horas

VALIDADE: 24 meses da data de fabricação. Vide data de fabricação na embalagem.

CICLO DE MANUTENÇÃO:** A verificação deve ocorrer periodicamente – 3 a 8 anos. **O ciclo de manutenção é o período em que o produto resiste dadas as condições de uso frequentes dos substratos tratados. Após este período, recomendamos a reaplicação do produto. O ciclo de manutenção pode variar por uma série de fatores como intempéries, número de circulação de pessoas, umidade do local, impactos mecânicos e desgaste por materiais de limpeza ou agentes químicos.

MANUTENÇÃO, INSPEÇÃO, LIMPEZA e CONSERVAÇÃO:

Após a aplicação do produto, o mesmo deve ser inspecionado a cada 2 anos para ambientes internos e quando se aplicar a ambientes externos, a inspeção deve ocorrer anualmente, afim de diagnosticar, reparar ou dar o tratamento adequado para sua durabilidade/ciclo de manutenção/vida útil e garantias.

A CKC do Brasil e seus aplicadores estão qualificados e aptos a executar estas inspeções e relatórios, bem como as medidas de manutenção adequadas para a conservação e durabilidade do produto. A não realização da inspeção anual e não comunicação por escrito dos relatórios à CKC do Brasil, implica na perda das garantias do produto. Solicite hoje a sua inspeção e assegure que o produto terá sua durabilidade esperada. Consulte neste link o Manual de Manutenção e Conservação dos Produtos CKC: <https://ckc.com.br/manual-de-manutencao-e-conservacao-dos-produtos-ckc>

EMBALAGEM DISPONÍVEL: Baldes de 18,9 lts.

EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO

Para sua segurança, utilize máscara de respiração, óculos protetores e luvas de látex durante a aplicação.

A CKC do Brasil não se responsabiliza pelo uso incorreto do produto, bem como por acidentes ocorridos com o mesmo.

Produto distribuído por **CKC do Brasil Ltda** (Brasil).



ANEXO C – FICHA DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO - CKC-2020®

CKC DO BRASIL – FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO
Data Revisada: 10/10/2015. | Produto: **CKC-2020®**. Versão: 2.1.

Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico (FISQP)

Nome do produto: CKC-2020® Retardante de Chamas base água

Número da FISPQ: 2020 | **Páginas:** 11

Data da última revisão: 05/12/2017

Em conformidade com a NBR 14725-2:2012

1. Identificação do Produto e da Empresa

Produto: Retardante de Chamas

Código de produto: CKC-2020

Companhia: CKC do Brasil Ltda. (Distribuído por JRP)

Rua das Rosas, 300- Mirandópolis, São Paulo – SP – Brasil - 04048-000

Telefone: 55-11-5584-6380/fax: 55-11-5585-1409

2. Identificação dos perigos

Classificação de perigo do produto químico:

Corrosão/Irritação à pele - Categoria 2

Sensibilização à pele – Categoria 1

Lesões oculares graves/irritação ocular - Categoria 2A

Sensibilização respiratória - Categoria 1

Toxicidade aguda - oral - Categoria 3

Toxicidade aguda - dérmica - Categoria 5

Toxicidade aguda – inalação – Categoria 5

Toxicidade para órgãos-alvo-específicos-exposição única- Categoria 3

Toxicidade aguda para ambiente aquático - Não classificado

Produto Não-Inflamável

Sistema de classificação utilizado: NBR 14725-2:2009 versão corrigida 2:2010

Visão geral de Emergências: Este produto é retardante de chamas que deve ser utilizado por profissionais da área de uso intencional e deve ser utilizado de acordo com as instruções do fabricante.



CKC DO BRASIL – FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO
Data Revisada: 10/10/2015. | Produto: **CKC-2020®**. Versão: 2.1.

Pictogramas:



Frases de perigo:

H302 – Atenção – Nocivo se ingerido
H 312 – Atenção – Nocivo em contato com a pele
H315 – Atenção – Provoca irritação a pele
H317 – Atenção – Pode provocar reações alérgicas na pele
H319 – Atenção – Provoca irritação ocular grave
H332 – Atenção – Nocivo se inalado
H333 – Atenção – Pode ser nocivo se inalado
H334 – Perigo – Quando inalado pode causar sintomas alérgicos, asma ou dificuldades de respiração

Frases de precaução/prevenção

P102 – Mantenha fora do alcance de crianças e animais domésticos.
P202 – Não manuseie o produto antes de ter lido e compreendido todas as precauções de segurança.
P234 – Conserve somente no recipiente original.
P261 – Evite inalar as poeiras/fumos/gases/névoas/vapores/aerossóis.
P264 – Lave cuidadosamente após o manuseio.
P270 – Não coma, beba ou fume durante a utilização deste produto.
P271 – Utilize apenas ao ar livre ou em locais bem ventilados.
P272 – A roupa de trabalho contaminada não pode sair do local de trabalho.
P273 – Evite a liberação para o meio ambiente.
P280 – Use luvas de proteção/roupa de proteção/proteção ocular/proteção facial
P284 – [Em caso de ventilação inadequada] Use equipamento de proteção respiratória.

Frases de precaução: resposta à emergência

P312 – Caso sinta indisposição, contate um CENTRO DE INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA/médico.
P321 – Tratamento específico (veja... neste rótulo).
P302+P352 – EM CASO DE CONTATO COM A PELE: Lave com água e sabão em abundância.
P304+P312 – EM CASO DE INALAÇÃO: Caso sinta indisposição, contate um CENTRO DE INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA/ médico
P305+P351+P338 – EM CASO DE CONTATO COM OS OLHOS: Enxágue cuidadosamente com água durante vários minutos. No caso de uso de lentes de contato, remova-as, se for fácil. Continue enxaguando.



CKC DO BRASIL – FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO
Data Revisada: 10/10/2015. | Produto: **CKC-2020®**, Versão: 2.1.

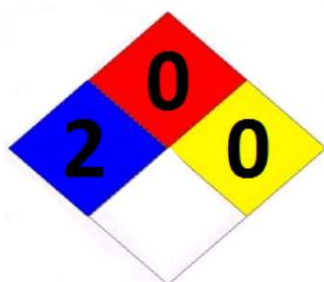
P332+P313 – Em caso de irritação cutânea: Consulte um médico.
P333+P313 – Em caso de irritação ou erupção cutânea: Consulte um médico.
P337+P313 – Caso a irritação ocular persista: consulte um médico.
P342+P311 – Em caso de sintomas respiratórios: Contate um CENTRO DE INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA/ médico
P362+P364 – Retire toda a roupa contaminada e lave-a antes de usá-la novamente.

Frases de precaução: armazenamento

Frases de precaução: disposição

P501 – Descarte o conteúdo/recipiente em local indicado, conforme regulamentações nacionais, estaduais e locais.

Diamante de Hommel:



Legenda:

4 = Extremo
3 = Alto
2 = Moderado
1 = Leve
0 = Sem risco
= Risco crônico à saúde

3. Composição e informação sobre os ingredientes

Descrição Química:	%	CAS No.
Fosfato de amônio	>50%	68333-79-9
Fosfato de monoamônio	>10%	7722-76-1
Fosfato de diamônio	>10%	7783-28-0

4. Medidas de primeiros socorros

Indicações gerais:

Em caso de dúvida, ou quando os sintomas persistirem, procurar um médico. Nunca dê nada por via oral a uma pessoa inconsciente.

Após inalação:



CKC DO BRASIL – FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO
Data Revisada: 10/10/2015. | Produto: **CKC-2020®**, Versão: 2.1.

Retirar a pessoa atingida da zona de perigo. Manter o paciente aquecido e em repouso. Caso a respiração esteja irregular ou parada, efetuar respiração artificial. Consultar um médico. Em caso de perigo de desmaio, deitar e transportar em posição lateral estável.

Após contato com a pele:

Remover as roupas contaminadas. Lavar a pele com sabão e água e enxaguar com bastante água. Não utilizar solventes ou diluentes.

Após contato com os olhos:

As lentes de contato devem ser removidas. Manter as pálpebras abertas e lavar abundantemente com água fresca e limpa, ou com uma solução especial para a lavagem dos olhos. Consultar um médico.

Após ingestão:

Em caso de ingestão acidental, consultar imediatamente um médico. Manter a vítima em repouso. Não provocar vômitos.

5. Medidas de combate a incêndio

Produto não-inflamável.

Ponto de fulgor (método utilizado): Não aplicável

Limite de inflamabilidade : Não Aplicável

Superior de inflamabilidade Limite: Não Aplicável

Fogo : Não inflama e não queima quando aquecida no ar

Explosão: Não é considerado explosivo

Extinção de fogo: Uso de espuma, jatos de água , dióxido de carbono , pó químico seco.

Procedimento de combate a incêndio especial : Nenhum

Equipamento especial de proteção para os bombeiros:

Um equipamento de proteção respiratória adequado pode ser requerido.

6. Medidas de controle para derramamento ou vazamento

Precauções pessoais, equipamentos de proteção e procedimentos de emergência

Precauções pessoais:

Evitar que atinja a pele e os olhos. Não inalar vapores, fumos e névoas de pulverização.

Precauções ao meio ambiente:



CKC DO BRASIL – FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO
Data Revisada: 10/10/2015. | Produto: **CKC-2020®**. Versão: 2.1.

Não permitir que atinja canalizações ou cursos d'água. Em caso de poluição de rios, lagos, ou drenagem para esgotos, entrar em contato com as autoridades competentes de acordo com a legislação local.

Métodos de limpeza:

Drenar e recolher o produto derramado com materiais absorventes não inflamáveis (exemplo: areia, terra, diatomito, vermiculita) e recolhê-lo para um recipiente adequado para posterior eliminação de acordo com a legislação local. Limpar, de preferência com detergente, e evitar a utilização de solventes.

7. Manuseio e armazenamento

Manuseio

Medidas técnicas:

Deverão ser considerados os valores limites de exposição no local de trabalho específicos ao país, relativos aos produtos mencionados no capítulo "Composição e informações sobre os ingredientes". Assegurar ventilação adequada. Isso pode ser conseguido através do uso de exaustão local e boa extração geral. Caso isso não seja suficiente para manter as concentrações abaixo dos valores limite no local de trabalho, deverá ser usado um equipamento de proteção respiratória autorizado para esse fim.

Precauções/ Orientações para manuseio seguro:

Evitar que atinja a pele e os olhos. Evitar a inalação de pó de polimento. Proibido fumar, comer ou beber na área de aplicação. Para o equipamento de proteção pessoal, ver seção 8. Observar a legislação sobre segurança e proteção. Manter os recipientes sempre secos e bem fechados e em locais frescos e bem ventilados. Não inalar vapores, fumos e névoas de pulverização.

Armazenamento

Condições de armazenamento adequadas: Manter os recipientes bem fechados. Nunca utilizar pressão para esvaziar os recipientes, estes não são resistentes a pressão. Fechar cuidadosamente os recipientes abertos e guardar em posição vertical para evitar vazamentos. É proibido fumar. Proibir o acesso de pessoas não autorizadas. Consulte as Fichas de Informações Técnicas para informações mais detalhadas. Conservar sempre em recipientes que correspondem à embalagem original. Observar as indicações contidas no rótulo. Armazenar em ambiente seco, bem ventilado. Proteger da ação direta do sol. Manter afastado de fontes de ignição. Manter afastado do calor.

8. Controles de exposição e proteção individual

Equipamento de proteção individual

7722-76-1 - Fosfato de monoamônio



CKC DO BRASIL – FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO
Data Revisada: 10/10/2015. | Produto: **CKC-2020®**. Versão: 2.1.

6,1 mg por m³ de inalação, efeitos sistêmicos e longos períodos de exposição.

7783-28-0 Fosfato de diamônio

6,1 mg por m³ de inalação, efeitos sistêmicos e longos períodos de exposição.

Proteção respiratória:

Colaboradores expostos a concentrações acima dos limites de exposição ocupacional devem, utilizar proteção respiratória adequada. O lixamento a seco, o corte e/ou a soldagem autógenos da película de tinta curada, podem provocar a formação de poeiras e/ou de fumos perigosos. Se possível, utilizar o lixamento a úmido. Se, ainda que exista no local um sistema de exaustão, não for possível evitar a exposição, então será indispensável usar um aparelho de proteção respiratória adequado. Em caso de contato com aerossóis, usar meia máscara facial de proteção respiratória A1P2.

Proteção das mãos:

Para mais informações sobre o tempo de penetração, favor consultar o fabricante da luva. Dados provenientes de informações dos fabricantes de luvas, dos fabricantes de matérias primas ou de informações literárias sobre as substâncias contidas no produto. As luvas de proteção devem ser testadas para verificar a sua aptidão para as características específicas do local de trabalho (por exemplo: resistência mecânica, compatibilidade com o produto, propriedades antiestáticas, etc.).

Seguir as instruções e informações fornecidas pelo fabricante sobre a utilização, armazenagem, manutenção e substituição das luvas.

As luvas devem ser substituídas quando danificadas ou quando apresentarem os primeiros sinais de desgaste. Para maior proteção, recomenda-se a utilização de um creme de barreira para proteção da pele.

Usar luvas de proteção. Por exemplo: são adequadas as luvas de proteção contra agentes químicos certificadas conforme a norma EN 374
luvas de nitrilo - espessura do material: 1,25 mm

Proteção dos olhos:

É necessário em caso de perigo de contato com os olhos.

Proteção da pele e do corpo:

Proteção corporal não é requerida., Usar vestuário anti-estático e ignífugo à base de fibras naturais e / ou fibras sintéticas resistentes a temperaturas elevadas.

9. Propriedades físicas e químicas

Estado físico: líquido (20° C)

Forma: líquido



CKC DO BRASIL – FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO
Data Revisada: 10/10/2015. | Produto: **CKC-2020®**, Versão: 2.1.

Cor: incolor

Odor: específico do produto

Valor do pH: 6,5 - 7,0 em suspensão saturada a 22°C

Temperaturas específicas ou faixas de temperaturas nas quais ocorrem mudanças de estado físico

Temperatura de ebulição: Dados não disponíveis.

Ponto de solidificação: -2 °C

Taxa de evaporação: não determinado

Ponto de fusão: 550 °C

Ponto de fulgor: Dados não disponíveis.

Limite de explosividade superior: Dados não disponíveis.

Limite de explosividade inferior: Dados não disponíveis.

Perigo de explosão: não explosivo

Características comburentes: não inflamável

Pressão de vapor: não determinado

Densidade relativa: 1,11 - 1,14 g/cm³

Solubulidade em água: miscível

Tensão Superficial: não determinado

Viscosidade, dinâmica: não determinado

Tempo de escoamento: <20 s (DIN 53211; 4 mm)

10. Estabilidade e reatividade

Reações perigosas:

Não reage perigosamente quando armazenado e manuseado.

Condições a evitar:

Ver capítulo 7 da Ficha de Segurança - Manuseio e armazenamento.

Materiais ou substâncias incompatíveis:

Nenhuma substância conhecida a evitar.



CKC DO BRASIL – FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO
Data Revisada: 10/10/2015. | Produto: **CKC-2020®**. Versão: 2.1.

Produtos perigosos de decomposição:
Nenhum produto de decomposição perigoso se forem respeitadas as normas de armazenamento e manuseio.

11. Informação Toxicológica

Toxicidade aguda

DL50 ratazana(oral): > 2.000 mg/kg

O produto não foi testado. A informação deriva das características dos componentes individuais.

CL50 ratazana (inalatória): não determinado

DL50 ratazana (dermal): não determinado. Não é prejudicial.

Efeitos locais

Irritação primária da pele coelho: não determinado. Não é esperado ser irritante ou prejudicial. O produto não foi testado. A informação deriva das características dos componentes individuais.

Irritação ocular coelho: irritante. O produto não foi testado. A informação deriva das características dos componentes individuais.

Avaliação para outros efeitos agudos:

Com base nas informações disponíveis, não é esperada toxicidade em um órgão alvo específico após uma única exposição.

Observações: O produto não foi testado. A informação deriva das características dos componentes individuais.

Sensibilização

Avaliação de efeitos sensibilizantes: Dados não disponíveis.

Toxicidade crônica

Avaliação da toxicidade após administração repetida: Dados não disponíveis.

Toxicidade genética

Avaliação de mutagenicidade: a estrutura química não sugere um alerta específico para tal efeito. O produto não foi testado. A informação deriva das características dos componentes individuais.

Carcinogenicidade

Avaliação de carcinogenicidade: com base em nossa experiência e na informação disponível, não são esperados efeitos adversos para a saúde se manipulado



CKC DO BRASIL – FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO
Data Revisada: 10/10/2015. | Produto: **CKC-2020®**. Versão: 2.1.

conforme recomendado. O produto não foi testado. A informação deriva das características dos componentes individuais.

Toxicidade na reprodução

Avaliação de toxicidade na reprodução: os dados disponíveis de uma avaliação do efeito da substância sobre reprodução não são suficientes para uma avaliação apropriada.

Toxicidade para o desenvolvimento

Avaliação da teratogenicidade: as informações disponíveis para avaliação dos efeitos da substância no que se refere à toxicidade para o desenvolvimento não são suficientes para uma avaliação apropriada.

Perigo por aspiração

Avaliação da toxicidade por aspiração: não se espera qualquer risco de aspiração., O produto ainda não foi completamente testado. As afirmações derivam, em parte, de outros produtos de estrutura ou composição similar.

12. Informação ecológica

Efeitos ambientais, comportamentos e impactos do produto:

Ecotoxicidade

Toxicidade em peixes:

CL50 (96 h) > 100 mg/l, *Leuciscus idus*

O produto não foi testado. A informação deriva das características dos componentes individuais.

Invertebrados aquáticos:

CL50 (48 h), *dáfnias*

não determinado

Plantas aquáticas:

CE50 (72 h), algas

não determinado

Toxicidade crônica em peixes:

Dados não disponíveis.

Toxicidade crônica em invertebrados aquáticos:

Dados não disponíveis.

Avaliação da toxicidade terrestre:

Não existe informação disponível acerca de toxicidade terrestre.

Mobilidade

Avaliação do transporte entre compartimentos ambientais:



CKC DO BRASIL – FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO
Data Revisada: 10/10/2015. | Produto: **CKC-2020®**. Versão: 2.1.

Dados não disponíveis.

Persistência e degradabilidade

Avaliação da biodegradabilidade e eliminação (H₂O):

O produto é solúvel na água e biodegradável em menos de 15 dias

Bioacumulação

Avaliação do potencial de bioacumulação:

Dados não disponíveis.

Indicações adicionais

Outras indicações sobre distribuição e destino ambiental:

O tratamento e introdução de águas residuais nos depuradores biológicos devem respeitar os regulamentos locais e administrativos.

13. Considerações sobre tratamento e disposição

Métodos de tratamento e disposição

Produto: Deve ser depositado num aterro ou enviado a uma unidade de incineração apropriada de acordo com a legislação local.

Restos de produtos: Deve ser depositado num aterro ou enviado a uma unidade de incineração apropriada de acordo com a legislação local.

Embalagem usada: Embalagens contaminadas devem ser esvaziadas o melhor possível e dispostas de acordo com os regulamentos oficiais após uma limpeza cuidadosa.

14. Informação sobre transporte

Transporte Terrestre

Rodoviário: Produto não perigoso segundo os critérios da regulamentação de transporte

Ferrovário: Produto não perigoso segundo os critérios da regulamentação de transporte

Transporte Fluvial

Produto não perigoso segundo os critérios da regulamentação de transporte

Transporte Marítimo:

Sea transport

IMDG

Produto não perigoso segundo os critérios da regulamentação de transporte



CKC DO BRASIL – FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO
Data Revisada: 10/10/2015. | Produto: **CKC-2020®**. Versão: 2.1.

Transporte Aéreo

IATA/ICAO

Produto não perigoso segundo os critérios da regulamentação de transporte

Air transport

IATA/ICAO

15. Regulamentações

FISPQ (Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico) criada de acordo com as recomendações da NBR14725-2.

16. A outra informação

Linhas verticais na margem esquerda indicam alteração da versão atual. Os dados contidos nesta publicação baseiam-se na nossa experiência e conhecimento atual, descrevendo o produto apenas considerando os requerimentos de segurança. Os dados não descrevem as propriedades do produto (especificação do produto). Não garante que certas propriedades ou a adequabilidade do produto para uma aplicação específica sejam deduzidos dos dados contidos na ficha de dados de segurança. É responsabilidade do receptor/ recebedor do produto assegurar que os direitos de propriedade, leis e regulamentações existentes sejam devidamente observados/ respeitados.

ANEXO D – FICHA TÉCNICA – CKC-2020®

CKC-2020®



Cotação Online
Resposta garantida em 24h (dia útil)

RETARDANTE DE CHAMAS PARA **TECIDOS**

CATÁLOGO 2019

DESCRIÇÃO DO PRODUTO



CKC-2020® é uma solução retardante de chamas, incolor, inodoro e recomendada para materiais onde há a necessidade de se evitar a propagação de chamas. É um produto extremamente versátil e fácil de ser utilizado. Amplamente empregado em tecidos fibrosos de algodão, poliéster e lycra, a sua ação consiste em inibir as chamas, evitando que o fogo se alastre a outros ambientes e materiais combustíveis. É um produto de altíssima qualidade e eficiência, tendo sido ensaiado no IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), além de ser recomendado e homologado pelos Bombeiros de todo o Brasil.



GAMA DE APLICAÇÃO:

Exclusiva para aplicação em superfícies de tecidos, tais como cortinas, lonas, tendas, voal, lycra, nylon e tecidos em poliéster.

ACABAMENTOS:

Materiais aplicados com CKC-2020 não se alteram significativamente, de sua aparência, textura, cor e odor original. Para uso em ambientes externos expostos às intempéries, recomenda-se a aplicação de impermeabilizante para tecidos. Permite até 5 lavagens à seco. (Consulte detalhes na Ficha Técnica).



TEMPO DE AÇÃO:

100% do tempo (ação constante inibe propagação de chamas).

MODO DE AÇÃO:

Quando em contato com o fogo, a solução de CKC-2020 que penetrou no material protegido se carboniza, evitando a propagação das chamas em 100% do tempo. Também se aumenta o controle e o tempo de combate ao fogo, em um eventual caso de incêndio.

ENSAIOS:

Este produto está ensaiado pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) de acordo com a norma NBR 9442/86 aprovado com Classificação "A" no teste de propagação de chamas, e pela SRI no teste ASTM E 662 - Determinação da densidade óptica específica de fumaça - Índice Dm: 122 – 160 (<450), atingindo Classe II-A conforme IT/NT/NPT-10. Para mais informações, consulte a Ficha Técnica.

Solicite um orçamento pelo site: www.ckc.com.br ou ligue para (11) 5584-6380.

Copyright © 2019 CKC do Brasil Ltda. Todos os direitos reservados
TEL: +55 (11) 5584-6380 | +55 (11) 5595-8828
Rua das Rosas, 300 – Bairro Mirandópolis – São Paulo, SP - CEP:04048-000
Conheça o nosso site: www.ckc.com.br
Mais informações: info@ckc.com.br

FICHA TÉCNICA – CKC-2020 – Tecidos

ATENÇÃO: Leia e siga rigorosamente as instruções desta Ficha Técnica antes de utilizar este produto.

Composição do CKC-2020: Sais, Fósforos e Água. PH: 6.5 (± 0.5)

Preparação da Superfície: A superfície onde CKC-2020 será aplicado, deve estar devidamente limpa, seca, livre de ceras, graxas, gorduras ou impermeabilizantes. A aplicação somente terá efetividade quando absorvida pelo material.

Aplicação: Rolo, Pincel ou Spray (Pulverização Manual ou Compressor a Ar) em 1 demão aplicada uniformemente. Após a secagem completa, pode-se aplicar impermeabilizante para tecidos, caso desejado. Completa cura entre 24 – 72 horas, permita a secagem à sombra e nunca exponha diretamente aos raios solares, sob risco de manchar o tecido. Caso o tecido seja espesso (acima de 2mm), recomenda-se a aplicação em ambas as faces do substrato. Mantenha o ambiente bem arejado e ventilado, com janelas e portas abertas durante a aplicação e até 48h após o início da aplicação. Caso possua sistema de ventilação ou ar-condicionado, recomendamos mantê-lo ligado durante o período de cura. *Para outros materiais, consulte-nos.*

Obs: Alguns tipos de tecidos podem sofrer encolhimento após a aplicação e cura deste produto. Recomendamos que testes em pequenas áreas sejam realizadas, antes de aplicar em áreas maiores.

Cada produto exige uma quantidade de absorção estipulada para a sua efetividade. *Veja o rendimento abaixo e atente para as quantidades corretas a serem utilizadas.*

Rendimento: Absorção com todas demãos requeridas por face (independente do método de aplicação utilizado):

Tecidos: mín. 90 – 300ml/m² (variando de acordo com a espessura e tipo de tecido)

*Para outros materiais, consulte-nos. Os rendimentos podem variar, dependendo do tipo de material e da porosidade de cada superfície. **A Reaplicação se faz necessária sempre que houver a lavagem em água ou exposição as intempéries.***

Índice de Propagação de Chamas em Tecidos (Algodão e Poliéster)*: Ip: 1 - 4
(Classe "A")

Índice de Densidade Óptica - Dm: 122 – 160 (<450)

** no resultado acima, valores mais próximos a 0 (zero), evidenciam maior eficiência do produto. As classes A/B/C para o teste de "Índice de Propagação de Chamas" estão descritas a seguir: Classe "A" (0 – 25); "B" (26 – 75); "C" (76 – 200). Os testes foram realizados pelos laboratórios do IPT/USP (Instituto de Pesquisas Tecnológicas).*

Embalagens disponíveis: Galão (5lts.) ou Galão (20lts.)

Validade: Vide a embalagem.

Ciclo de Manutenção:** A verificação deve ocorrer periodicamente – 5 anos (dentro deste período, é permitido até um ciclo de 5 lavagens em sistema à seco com percloroetileno – "perc"). *Consulte sempre uma empresa de credibilidade de sua região.*

***O ciclo de manutenção é o período em que o produto resiste dadas as condições de uso frequentes dos substratos tratados. Após este período, recomendamos a reaplicação do produto. O ciclo de manutenção pode variar por uma série de fatores como intempéries, número de circulação de pessoas, umidade do local, impactos mecânicos e desgaste por materiais de limpeza ou agentes químicos.*

Segurança: Caso o tecido fique em contato com a pele, recomenda-se a realização de testes dermatológicos antes da aplicação.

Utilize os equipamentos de proteção exigidos abaixo e mantenha este produto fora do alcance de crianças.

Equipamentos de Proteção:

ATENÇÃO: UTILIZE FORRAÇÃO IMPERMEÁVEL EM TODAS AS SUPERFÍCIES (INCLUINDO O PISO), OBJETOS E PEÇAS QUE NÃO SERÃO TRATADAS COM O PRODUTO DESTA CATÁLOGO, ANTES DO INÍCIO DA APLICAÇÃO. ATENTE-SE A METAIS FERROSOS E PISOS POROSOS, POIS OS MESMOS SOFREM DANOS CASO NÃO SEJAM PROTEGIDOS. Para sua segurança, use máscaras de respiração, óculos de proteção e luvas de proteção durante a aplicação.

A CKC do Brasil não se responsabiliza pelo mau uso do produto, bem como por acidentes ocorridos com este produto.

Produto distribuído por **CKC do Brasil Ltda** (Brasil).