

Artigo Técnico

^a Instituto de Pesquisas
Tecnológicas do Estado
de São Paulo S.A. (IPT),
São Paulo-SP, Brasil.

Eficácia de tratamentos retardantes de chama para forros e revestimentos de Pinus em edificações

*Effectiveness of flame retardant
treatments for fire reaction of pine
linings and coverings in buildings*

Henrique Bandeira Faccio ^{a*}, Antonio
Fernando Berto^a

Palavras-chave: madeira; reação ao fogo;
retardante de chamas; Pinus.

Keywords: wood; fire reaction; flame retardant; Pinus.

* e-mail: henriqueb@ipt.br

Resumo

Algumas espécies de Pinus, embora amplamente utilizadas na construção civil no Brasil, compondo forros e revestimentos de paredes e divisórias, apresentam desempenho desfavorável quanto à reação ao fogo, sendo comumente classificada como V-B, segundo os critérios da ABNT NBR 16626:2025 e das regulamentações de proteção contra incêndio dos Corpos de Bombeiros de diversos estados. Essa limitação restringe o seu uso em edificações onde a questão da segurança contra incêndios é determinante. O presente estudo teve como objetivo compilar a eficácia de diferentes tratamentos retardantes de chama para a melhoria da reação ao fogo dessas madeiras. Foram ensaiadas amostras de tábuas de Pinus sem tratamento e com diversos tipos de tratamento, como: verniz não intumescente; verniz intumescente; tinta intumescente; imersão em produto retardante de chamas; e tratamento em autoclave com produto retardante de chamas. Os ensaios seguiram as normas ABNT NBR 9442:2024 (índice de propagação de chamas) e ASTM E 662:2021 (densidade óptica de fumaça). Os resultados demonstraram que parte dos produtos de tratamento empregados teve desempenho negativo ou nulo, ou seja, pioraram o comportamento ao fogo ou não proporcionaram melhoria significativa. Entretanto, determinados tratamentos possibilitaram a reclassificação da madeira para a Classe II-A, evidenciando seu potencial de aplicação em contextos mais exigentes sob o ponto de vista da segurança contra incêndio.

Abstract

Although widely used in construction in Brazil for ceilings and wall or partition claddings, some Pinus species exhibit poor fire reaction performance, commonly classified as V-B according to the criteria of ABNT NBR 16626:2025 and the fire protection regulations of Fire Departments in several states. This limitation restricts their use in buildings where fire safety is a critical requirement. The present study aimed to compile the effectiveness of different flame-retardant treatments in improving the fire reaction performance of these woods. Samples of untreated Pinus boards and boards treated with various methods were tested, including non-intumescent varnish, intumescent varnish, intumescent paint, immersion in flame-retardant solution, and autoclave treatment with flame-retardant product. The tests were conducted in accordance with ABNT NBR 9442:2024 (flame spread index) and ASTM E 662:2021 (smoke optical density). The results showed that some of the tested treatments had negative or negligible effects, meaning they worsened the fire behavior or did not provide significant improvement. However, certain treatments enabled the reclassification of the wood to Class II-A, demonstrating its potential for use in more demanding applications from a fire safety perspective.

1 Introdução

A madeira é amplamente utilizada em edificações, tanto em elementos estruturais quanto em revestimentos, em razão de suas qualidades estéticas e viabilidade técnica. Em especial, o gênero *Pinus* é largamente utilizado na forma serrada, engenheirada ou tratada, sendo a espécie preferida por sua relação resistência/peso, colabilidade e aptidão para tratamentos sob pressão (SHIGUE, 2018). Apesar de suas vantagens, a madeira apresenta desempenho desfavorável quanto à reação ao fogo.

De acordo com o Decreto Estadual nº 69.118/2024 do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo, regulamentado pela Instrução Técnica nº 10/2025 (IT-10/25), materiais de acabamento e revestimento utilizados em edificações com diversas ocupações devem apresentar classificação II-A quanto à reação ao fogo. A ABNT NBR 15575, que trata do desempenho de edificações habitacionais, também estabelece requisitos específicos relacionados ao comportamento ao fogo de elementos construtivos, reforçando a importância de materiais com baixos índices de propagação das chamas e densidade de fumaça durante a queima. Contudo, o *Pinus* sem tratamento usualmente é classificado, quanto à reação ao fogo, como V-B, tornando seu uso limitado ou proibitivo quando se considera a questão da segurança contra incêndio.

A situação observada na tragédia da boate Kiss, ocorrida em 7 de janeiro de 2013 em Santa Maria, RS, demonstrou definitivamente a necessidade de se controlar as características de reação ao fogo dos materiais que compõem ou revestem forros e paredes, de modo a evitar o estabelecimento de condições favoráveis ao rápido crescimento de um incêndio e ao desenvolvimento de fumaça. A madeira, de modo geral, apresenta características indesejáveis sob esse ponto de vista e o *Pinus*, em particular, se destaca negativamente quando comparado com o desempenho de outras espécies de madeira. Essa condição se deve, principalmente, à sua baixa densidade e ao conteúdo de resina, fatores que favorecem a ignição rápida e a propagação das chamas.

A fim de compatibilizar o uso da madeira com os requisitos de segurança contra incêndio, diferentes métodos de tratamento com retardantes de chama vêm sendo desenvolvidos e aplicados. Esses tratamentos visam reduzir a ignitabilidade do material e permitir sua reclassificação em níveis superiores de desempenho quanto à reação ao fogo. Neste contexto, tem ocorrido, no Laboratório de Segurança ao Fogo e a Explosões (LSFEx) do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), o aumento na demanda por ensaios de avaliação do desempenho de produtos retardantes aplicados à madeira, com o propósito de verificar as melhorias promovidas no comportamento de reação ao fogo.

O presente trabalho apresenta uma avaliação comparativa das características de reação ao fogo da madeira Pinus. A análise compara os resultados de ensaio da madeira em sua condição natural (sem tratamento) com aqueles obtidos após a aplicação de produtos possivelmente considerados retardantes de chama. É importante considerar que a eficácia desses tratamentos pode apresentar variações significativas, dependendo tanto do tipo de produto quanto da técnica de aplicação empregada.

2 Procedimento metodológico

O presente estudo compila os resultados de ensaios realizados, no LSFEx/IPT, solicitados por diversas empresas, que avaliaram o desempenho de diferentes tipos de tratamentos retardantes de chama aplicados a madeira Pinus, com o objetivo de verificar sua eficácia para atingir a classificação II-A, segundo os critérios normativos vigentes. A comparação entre madeiras tratadas e não tratadas buscou identificar quais procedimentos são tecnicamente viáveis para o enquadramento na classe II-A, contribuindo para ampliar o uso seguro dessa madeira em edificações.

De acordo com a norma ABNT NBR 16626:2025 - Classificação da reação ao fogo de produtos de construção, o termo “reação ao fogo” deve ser entendido como resposta de um produto, ao contribuir pela sua própria decomposição, para um fogo a que está exposto, sob condições especificadas.

Os ensaios de reação ao fogo foram conduzidos no LSFEx/IPT, seguindo os procedimentos das normas ABNT NBR 9442:2024 - Materiais de construção — Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante, e ASTM E 662:2021 - *Standard Test Method for Specific Optical Density of Smoke Generated by Solid Materials*, para a determinação, respectivamente, do índice de propagação superficial de chama e do índice de densidade óptica específica da fumaça. Com base na obtenção desses índices, a classificação final da reação ao fogo é estabelecida, conforme as diretrizes da norma ABNT NBR 16626:2025 - Classificação da reação ao fogo de produtos de construção, detalhada na **TABELA 1**:

Tabela 1 – Classificação de reação ao fogo de produtos de construção em geral, exceto revestimento de piso

Classe		Método de ensaio		
		ISO 1182	ABNT NBR 9442	ASTM E 662
I		Incombustível	-	-
II	A	Combustível	$l_p \leq 25$	$D_m \leq 450$
II	B	Combustível	$l_p \leq 25$	$D_m \geq 450$
III	A	Combustível	$25 < l_p \leq 75$	$D_m \leq 450$
III	B	Combustível	$25 < l_p \leq 75$	$D_m \geq 450$
IV	A	Combustível	$75 < l_p \leq 150$	$D_m \leq 450$
IV	B	Combustível	$75 < l_p \leq 150$	$D_m \geq 450$
V	A	Combustível	$150 < l_p \leq 400$	$D_m \leq 450$
V	B	Combustível	$150 < l_p \leq 400$	$D_m \geq 450$
VI		Combustível	$l_p > 400$	-

Fonte: adaptado do item 14.2 da ABNT NBR 16626:2025.

A classificação de reação ao fogo, conforme a ABNT NBR 16626:2025, para materiais aplicados como revestimento de paredes, tetos e forros é equivalente à classificação proposta na IT-10/25 dos Corpos de Bombeiros de São Paulo, item 8 da ABNT NBR 15575-4 e Portaria nº 322, de 2021 do INMETRO. Todas estas normativas adotam os mesmos critérios para a classificação de reação ao fogo.

A madeira é intrinsecamente um material combustível, razão pela qual, portanto, admite-se que sua classificação de reação ao fogo parta da Classe II. Desta forma, torna-se desnecessária a realização do ensaio conforme a norma ISO 1182 (*Reaction to fire tests for products — Non-combustibility test*), para comprovar que o item ensaiado não atende aos requisitos da Classe I (Incombustível).

As classes de reação ao fogo II a VI são especificamente designadas para os materiais combustíveis. O enquadramento em cada uma dessas classe é determinado conforme o índice de propagação superficial de chamas (l_p), obtido por meio do ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR 9442. Quanto menor o valor de (l_p), melhor o desempenho do material ensaiado.

Os atributos A e B referem-se ao índice da densidade óptica específica de fumaça (Dm), determinado pelo método de ensaio ASTM E 662. Este índice é avaliado sob as condições com chama (*flaming*) e sem chama (*non-flaming*), ambas em conjunto com uma fonte de radiação, sendo que o valor adotado como referência é o maior Dm entre as duas condições de ensaio. As regulamentações, que tratam do controle das características de reação ao fogo dos materiais admitem que materiais com índices Dm não maiores que 450 podem ser instalados em qualquer ambiente e aqueles com índices superiores a 450 devem ser empregados apenas em ambientes externos.

As boas práticas de segurança contra incêndio, consideradas nas regulamentações, prescrevem que forros e revestimentos de paredes e divisórias devem situar-se nas duas categorias superiores de reação ao fogo, a saber: Classe I ou classe II-A.

2.1 Características das amostras de Pinus

As placas de madeira utilizadas nos ensaios, tanto as tratadas quanto as não tratadas, apresentavam uma espessura média de 20 mm e uma densidade aparente média de 0,440 g/cm³. Antes da realização dos ensaios, todos os corpos de prova foram submetidos a um protocolo de condicionamento, a saber:

- a) Inicialmente, foram mantidos em estufa com ventilação forçada a uma temperatura de (60 ± 3) °C por 24 horas.
- b) Posteriormente, foram condicionados em câmara climatizada até atingir o equilíbrio higroscópico, sob temperatura de (23 ± 3) °C e umidade relativa de (50 ± 5) %.

A **Fotografia 1** ilustra os corpos de prova sem tratamento antes de serem submetidos aos ensaios.

Fotografia 1 – Corpos de prova sem aplicação de tratamento superficial



Fonte: elaborado pelo autor

Legenda: A – Corpo de prova sem tratamento selecionado para Ensaio de determinação do índice de propagação superficial de chamas (ABNT NBR 9442) e B – Corpo de prova sem tratamento selecionado para Ensaio de determinação da densidade específica óptica de fumaça (ASTM E 662).

A seguir são detalhadas todas as situações de ensaio que integraram este estudo, abrangendo as condições sem e com tratamento. Para preservar a imparcialidade e a confidencialidade inerente às relações do IPT com seus clientes, os nomes comerciais dos produtos aplicados foram suprimidos. A correspondência dos produtos utilizados foi codificada de maneira unívoca, conforme apresentado na TABELA 2.

Tabela 2 – Tipos de tratamentos aplicados sobre madeira de Pinus

Grupo	Produto aplicado	Características do tratamento aplicado
Sem Tratamento	st.1	-
	st.2	-
Verniz não intumescente	v.1	duas demãos, consumo médio de 0,3 L/m ²
	v.2	Tratamento por pulverização em três demãos, consumo médio de 0,25 L/m ²
	v.3	primer, consumo médio de 0,04 L/m ² e acabamento em uma demão, consumo médio de 0,02 L/m ²
	v.4	duas demãos, consumo médio de 0,1 L/m ²
	v.5	duas demãos, consumo médio de 0,1 L/m ²
Imersão em produto retardante de chamas	i.1	aplicado por imersão, consumo de 100 a 150 L/m ³
	i.2	aplicado por imersão, consumo de 100 a 150 L/m ³
Verniz Intumescente	vi.1	quatro demãos, consumo médio de 0,5 L/m ²
Tinta Intumescente	t.1	quatro demãos, consumo médio de 0,5 L/m ²
	t.2	consumo médio de 0,2 L/m ² e espessura seca de 60 µm.
Tratamento em Autoclave com produto retardante de chamas	a.1	vácuo-pressão em autoclave (produto transparente)

Fonte: elaborado pelo autor

A determinação do Índice de propagação superficial de chamas (Ip) é realizada com base na média dos resultados de quatro determinações em placas com dimensões de (150 x 460) mm. Já a determinação do Índice de densidade específica óptica de fumaça (Dm) utiliza a média dos resultados de 3 placas com dimensões de (75 x 75) mm na condição sem chama e de 3 placas com as mesmas dimensões na condição com chama.

3 Resultados e discussão

A TABELA 3 consolida os resultados dos ensaios de reação ao fogo. Ela apresenta os valores obtidos para o índice de propagação superficial de chama (Ip), conforme a ABNT NBR 9442, e a densidade óptica específica da fumaça (Dm), conforme a ASTM E 662. Adicionalmente, a Tabela indica a classe de reação ao fogo atribuída a cada material, com base nos critérios regulamentares.

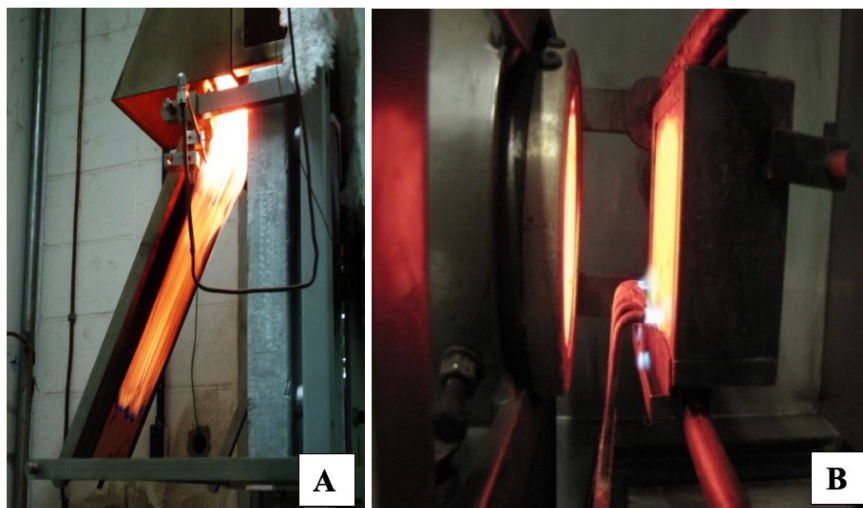
Tabela 3 – Desempenho dos tratamentos aplicados sobre madeira de Pinus

Grupo	Produto Aplicado	Índice de Propagação Superficial de Chama (Ip)	Densidade Óptica Específica de Fumaça (Dm)	Classificação (IT n° 10 / ABNT NBR 16626)
Sem tratamento superficial	st.1	357	562	V-B
	st.2	350	590	V-B
Verniz não intumescente	v.1	305	592	V-B
	v.2	100	334	IV-A
	v.3	245	312	V-A
	v.4	415	452	VI
	v.5	305	469	V-B
Imersão em produto retardante de chamas	i.1	78	436	IV-A
	i.2	95	318	IV-A
Verniz Intumescente	vi.1	25	260	II-A
Tinta Intumescente	t.1	5	209	II-A
	t.2	5	84	II-A
Tratamento em Autoclave com produto retardante de chamas	a.1	3	200	II-A

Fonte: elaborado pelo autor.

A **Fotografia 3** ilustra o comportamento de um corpo de prova durante a execução dos ensaios de reação ao fogo.

Fotografia 3 – Realização dos ensaios de reação ao fogo.



Fonte: elaborado pelo autor

Legenda: A – Ensaio de determinação do índice de propagação superficial de chamas pelo método do painel radiante, conforme a norma ABNT NBR 9442 e B – Ensaio de determinação da densidade específica óptica de fumaça, conforme a norma ASTM E 662, na condição “com chama”.

A análise dos resultados demonstrou uma variação significativa de desempenho entre os diferentes tratamentos aplicados à madeira do tipo Pinus. Os corpos de prova sem tratamento exibiram o pior desempenho, com um I_p (índice de propagação de chama) médio de 355 e D_m (densidade óptica de fumaça) de 570, resultando na classificação V-B. Em relação aos vernizes não intumescentes (v.1 a v.5), verificou-se que, apesar de alguns terem promovido uma redução no I_p , a maioria não foi suficiente para reclassificar o material para a Classe II-A. Apenas o verniz v.2 conseguiu elevar a classificação para IV-A. Os demais (v.1, v.3 e v.5) mantiveram a madeira na Classe V (V-A ou V-B), indicando que não houve uma alteração significativa no desempenho de reação ao fogo.

O verniz v.4 resultou na piora do desempenho, elevando o I_p para 415, e reclassificando a madeira para a classe VI, a pior categoria entre as definidas na ABNT NBR 16626. Este resultado evidencia que nem todos os produtos comercializados como “retardantes de chama” possuem, de fato, alguma eficácia e que alguns acabamentos superficiais podem inclusive comprometer a reação ao fogo da madeira, tornando seu comportamento do material ainda mais desfavorável em situação de incêndio.

Os tratamentos por imersão em produto retardante de chamas (i.1 e i.2) demonstraram um desempenho superior que os vernizes não intumescentes, com I_p inferiores a 150 e D_m dentro do limite de 450, resultando na classificação IV-A. Contudo, essa classificação ainda é insuficiente atender às exigências mais rigorosas de reação ao fogo. Por outro lado, os tratamentos utilizando verniz intumescente e tintas intumescentes (vi.1, t.1 e t.2), assim como o tratamento por autoclave (a.1), foram os únicos a alcançar a classe II-A. Estes materiais apresentaram I_p inferior a 25 e D_m inferior a 450, atendendo aos critérios normativos para uso, inclusive, em locais de reunião de público.

4 Conclusões

Este estudo evidenciou que as placas de madeira Pinus em seu estado natural não atendem aos requisitos normativos mínimos de reação ao fogo para aplicação em edificações que demandam tal exigência, sendo classificadas como V-B.

Os resultados dos ensaios demonstram que a reação ao fogo de madeiras, exemplificada pelo Pinus, pode ser significativamente aprimorada mediante a utilização de produtos adequados e técnicas de aplicação compatíveis. É importante notar que essa melhoria depende diretamente da formulação do produto, da técnica de aplicação empregada e da interação com o substrato, que neste caso foi placa de madeira maciça. A eficácia dos produtos intumescentes e do tratamento em autoclave os destaca como alternativas viáveis para aplicações seguras com madeira em edificações.

A comparação realizada entre os diferentes tratamentos evidencia que os maus resultados predominam, servindo como alerta para a necessidade de que o emprego desses produtos somente ocorra mediante comprovações que sigam a metodologia correta, estabelecida na norma ABNT NBR 16626 e, com a mesma abordagem técnica, nas regulamentações estaduais dos Corpos de Bombeiros.

Ainda, apesar do resultado do tratamento em autoclave ter se mostrado adequado para o Pinus, não se pode considerar, sem as devidas comprovações, que madeiras mais densas e com baixo teor de resina, as quais já apresentam desempenho superior ao do Pinus em estado natural, se beneficiarão igualmente desse tipo de tratamento. Isso se deve ao fato da impregnação do produto retardante nessas madeiras ser predominantemente superficial, ao contrário da impregnação profunda observada no Pinus.

5 Considerações finais

É necessário que os fabricantes e profissionais responsáveis pela aplicação de produtos retardantes tenham conhecimento sobre o comportamento ao fogo dos substratos e qual é a classe de reação ao fogo mínima necessária exigida para cada tipo de edificação, permitindo a ampliação do emprego sustentável da madeira na construção civil brasileira.

Apesar de não ter sido objeto deste estudo, destaca-se que a avaliação do comprometimento do desempenho dos tratamentos retardantes, ocasionado por ações do meio ambiente ao longo do tempo deve ser objeto de investigação e que os produtos colocados no mercado com a finalidade de melhorar o comportamento da reação ao fogo da madeira devem passar por esse tipo de avaliação, de modo que a validade do tratamento seja definida e garantida.

6 Referências

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E 662 – 21a**: Standard Test Method for Specific Optical Density of Smoke Generated by Solid Materials. West Conshohocken, PA. USA, 2021. 26 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16626**: Classificação da reação ao fogo de produtos de construção. Rio de Janeiro, 2025. 43 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-4**: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013. 74 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9442**: Materiais de construção — Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante. Rio de Janeiro, 2024. 25 p.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA, INSTITUTO BRASILEIRO DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. Portaria nº 322, de 23 de julho de 2021. **Aprova a Regulamentação Técnica para Produtos para Tratamento Acústico ou Isolamento Térmico para uso na Construção Civil – Consolidado**. 2021.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº 69.118, de 9 de dezembro de 2024. Institui o regulamento de segurança contra incêndios das edificações e áreas de risco no Estado de São Paulo.** Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, 9 dez. 2024. Disponível em: <https://www.imprensaoficial.com.br>. Acesso em: 25 jun. 2025.

SECRETARIA DA SEGURANÇA PÚBLICA - Polícia Militar do Estado de São Paulo – Corpo de Bombeiros. **Instrução técnica nº 10 – Controle de materiais de acabamento e de revestimento.** São Paulo. 2025. 8 p.

SHIGUE, Erich Kazuo. **Difusão da construção em Madeira no Brasil: agentes, ações e produtos.** 2018. 250 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) — Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

10.29327/2774886.9.29-3

