

Nº 179409

Efeitos de revestimentos intumescente sobre a resistência ao fogo dos painéis de madeira lamelada colada cruzada MLCC

Rogério Lin
Fúlvio Vittorino

*Palestra apresentado no
CONGRESSO IBERO-LATINO-
AMERICANO SOBRE SEGURANÇA
CONTRA INCÊNDIO, 7 CILASCI,
2024, São Paulo. 24 slides.*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública. **PROIBIDO REPRODUÇÃO**

CONGRESSO ÍBERO-LATINO-AMERICANO EM SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS

IBERO-LATIN AMERICAN CONGRESS ON FIRE SAFETY

CONGRESO IBERO LATINO AMERICANO EN SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

Efeitos do revestimento intumescente sobre a resistência ao fogo dos painéis de madeira lamelada colada cruzada (MLCC)

Autores: Rogerio Lin e Prof. Dr. Fulvio Vittorino



Introdução

Construção em madeira e incêndios ocorrem há séculos

1666 – O grande incêndio de Londres (798, 982, 1212) (ONO, 1997)



+ 13.000



+100.000



+£ 1,9bi



87



The Royal
Exchange



Saint Paul's
Cathedral



5 anos



Sistemas Construtivos em madeira



MLCC (CLT)

Madeira Lamelada
Colada Cruzada



DLT

Madeira em lamelas
unidas por cavilhas



PSL

Madeira serrada paralela



LSL

Madeira de lascas
alinhadas



MLC (GLULAM)

Madeira Lamelada
Colada



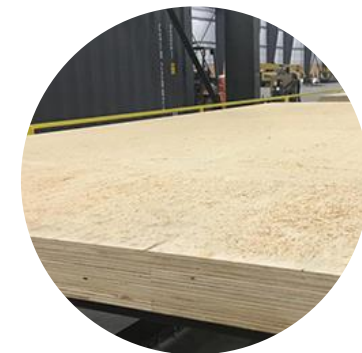
LVL

Madeira laminada
colada



NLT

Madeira lamelada
pregada ou parafusada



MPP

Madeira compensada
massiva

Sistemas Construtivos em madeira



MLCC (CLT)

Madeira Lamelada
Colada Cruzada



DLT

Madeira em lamelas
unidas por cavilhas



PSL

Madeira serrada paralela



LSL

Madeira de lascas
alinhadas



MLC (GLULAM)

Madeira Lamelada
Colada



LVL

Madeira laminada
colada



NLT

Madeira lamelada
pregada ou parafusada



MPP

Madeira compensada
massiva

Normas e regulamentações



EUA – International Code Council (ICC) – International Building Code (IBC) 2024;



Canadá – National Research Council of Canadá (NRC) – National Building Code (NBC) 2020 e National Fire Code (NFC) 2020;



ANSI/APA PRG 320 (2020) – norma binacional de fabricação e ensaios de painéis de CLT;



União Européia – Eurocode 5 – Projetos de estruturas de madeira;



EN 1995-1-2 (2004) – não fala em CLT, mas incluirá na nova edição de 2024;



Brasil – Regulamentos por cada Unidade Federativa – Decretos Leis;



Estado de SP (mais moderna e adotada por outras Ufs) – Decreto Lei 63911 – IT-08 (Parte 2);

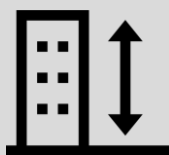


ABNT NBR 7190 (2021) – Dimensionamento de estruturas de madeira;

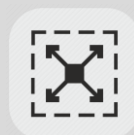


ABNT NBR 17144-5 (2023) – Proteção contra incêndio de elementos estruturais – ensaio de resistência ao fogo Parte 5: Revestimentos aplicados a elementos de madeira.

Limite de altura



Área total



Área de madeira
exposta



Tempo de resistência
ao fogo



Chuveiros
automáticos



Normas e regulamentações



Tabela 2 – Limites de altura e área de edifícios de múltiplos pavimentos construídas com madeira massiva (IT-08 - Parte 2) aguardando publicação

Ocupação e Uso	Chuveiro automático e detecção de incêndio	TIPO 1 - totalmente revestido		TIPO 2 - totalmente exposto	
		Altura (m)	Área (m ²)	Altura (m)	Área (m ²)
Residencial	Não	12	5.000	12	2.500
	Sim	30	17.500	23	7.500
Comercial	Não	12	5.000	12	2.500
	Sim	30	17.500	23	7.500
Hotel	Não	12	5.000	12	2.500
	Sim	30	17.500	23	7.500
Hospitais	Não	12	5.000	12	2.500
	Sim	12	17.500	12	7.500
Educação	Não	12	7.500	12	3.000
	Sim	30	20.000	30	10.000
Indústria	Não	12	15.000	12	5.000
	Sim	30	42.500	23	17.500
Armazenagem	Não	12	10.000	12	5.000
	Sim	30	32.500	30	12.500
Casa Noturna	Não	12	5.000	12	2.500
	Sim	30	17.500	23	7.500

4.3.2.4 As pinturas **intumescentes** podem ser utilizadas como alternativas às placas de gesso acartonado, contanto que tenham suas características determinadas por meio de ensaios em laboratórios nacionais ou internacionais de reconhecida competência conforme parâmetros estabelecidos pela norma ABNT NBR 5628 quando forem estruturais e ABNT NBR 10636 quando não forem estruturais.

5.2.6 Considerações:

5.2.6.1 A pintura **intumescente** pode ser utilizada como alternativa ao revestimento contra fogo, contanto que tenha sua capacidade resistente determinada por meio de ensaios em laboratórios nacionais ou internacionais de reconhecida competência.

Fonte: Adaptado da sugestão publicada em Diário Oficial da IT-08 – Parte 2 (2023)

Incêndios em edifícios de madeira



- 1,5 mi incêndio 2023 nos EUA
 - 3.790 mortes
 - 13.250 feridos
- 94% das residências unifamiliares em madeira
- US\$ 8,8 bi em prejuízos (2021)

Fonte: NFPA (2023) e EUA (2021 e 2023)



1420 m³
3 dias seguidos

Laboratório de Farmacêutica, Universidade de Nottingham, Reino Unido (2014)



1800 m³
Compartimentações
Chuv. Automáticos

Museu Top Mountain Crosspoint, Austria (2021)

- 283K incêndio 2021 no Brasil
 - 105K urbanos
 - 1.506 mortes

Fonte: SENASP (2021); Datusus (2021)



World of Volvo,
Gotemburgo, 2024

Incêndios em edifícios de madeira



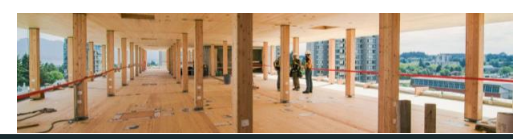
Oceana Park, Gotemburgo, Suécia (Fevereiro de 2024)

1 morte
16 feridos



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=X8ZGS46yWQE> (2023)

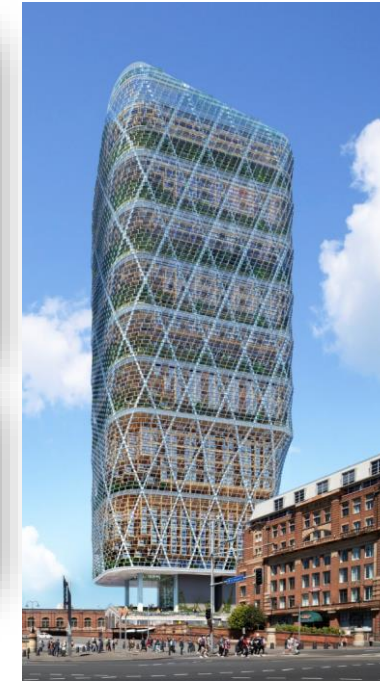
Edifícios contemporâneos em madeira e os riscos de incêndio



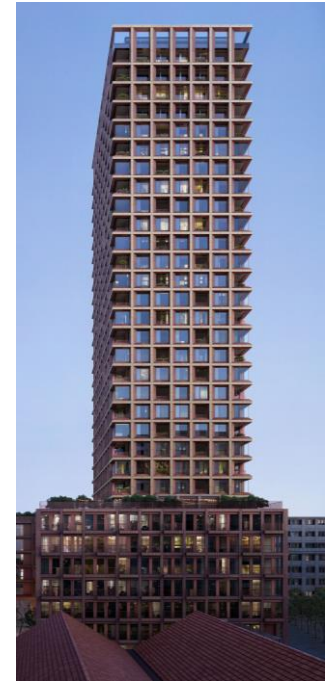
Sara Kulturhus Centre, Skellefteå (Fileleft), Suécia, 2021



Ascent MKE, Milwaukee, EUA, 2022



Atlassium, Sydney, Austrália, 2026



Rocket & Tigerli, Suíça, 2027



W350, Japão, 2041

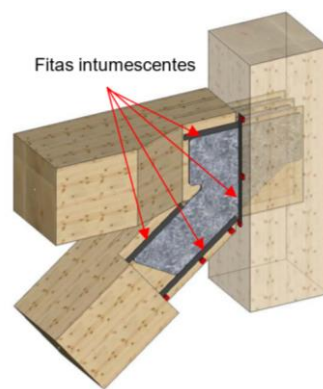


T3 Collingwood, Melbourne, Austrália, 2023



Roots, Hamburgo, Alemanha, 2023

Edifícios contemporâneos em madeira e os riscos de incêndio



Mjøstårnet, Brumunddal, Noruega, 2019

Dados gerais:

- 18 pavimentos e 85 metros;
- 11.300m²;
- 2.600m³ de madeira (GLULAM, CLT e LVL);
- 5 colunas de CLT;
- Ligações metálicas embutidas c/ fitas intumescentes;
- Ensaio 90 min coluna de GLULAM;

Durante a obra:

- CLT protegido com retardante de chamas e encapsuladas com gesso acartonado;
- Lajes 2 a 11 em GLULAM c/ lâ de rocha e LVL (90 min);
- 7 últimos pavimentos: lajes em concreto;

Pós-obra:

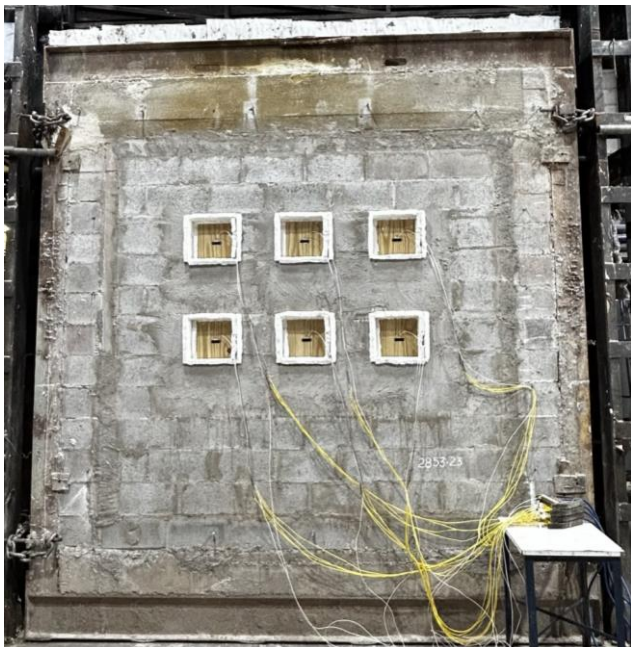
- Chuveiros automáticos;
- Detecção e alarme e outras medidas.

Materiais e métodos



- 12 amostras de CLT (25 cm x 25 cm x 10 cm)
- 4 cm + 2 cm + 4 cm
- *pinus taeda*
- 2 espessuras de revestimento

Materiais e métodos



Identificação dos corpos de prova

CPs dispostos
alternadamente

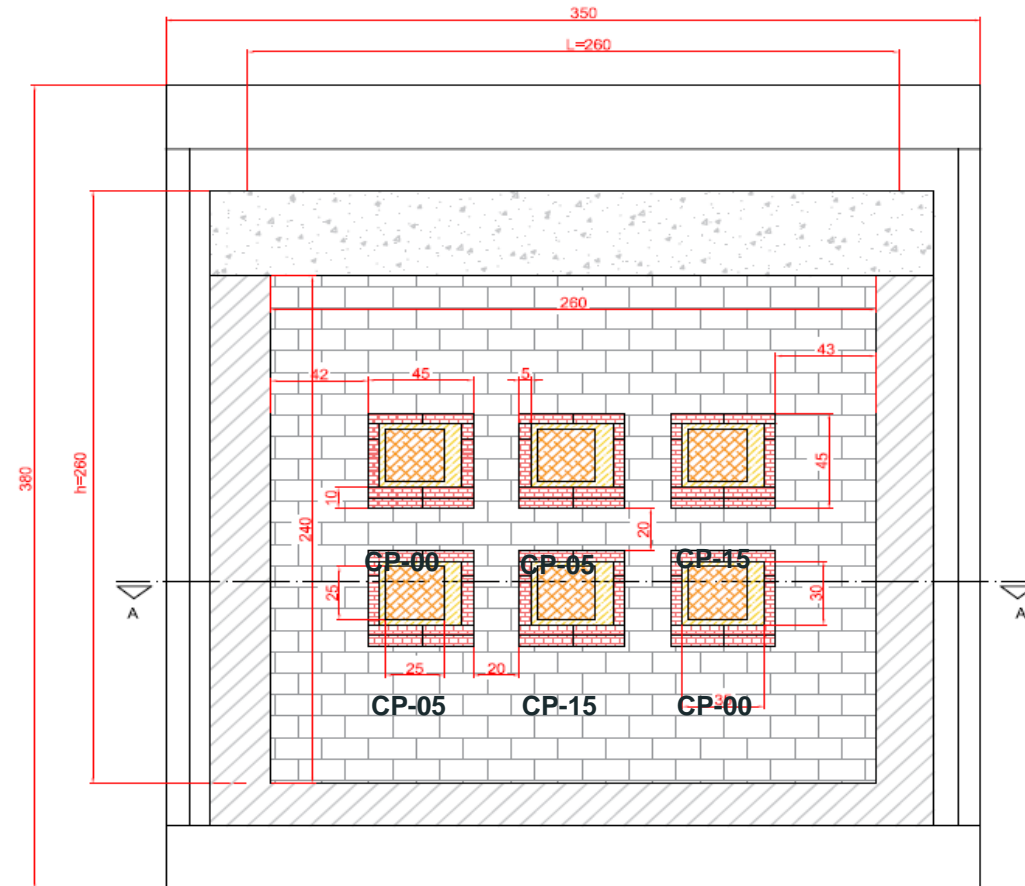
CP00 = não revestidos

CP05 = 500 μ m RI

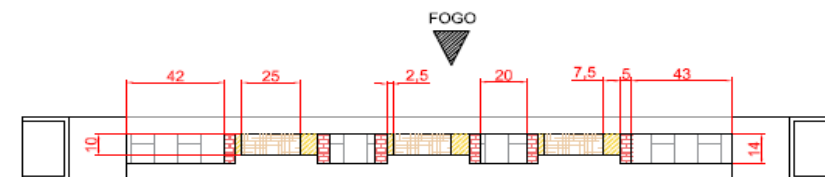
CP15 = 1500 μ m RI

Critérios de avaliação:

- Elevação da temperatura
- Avanço da isoterma 300°C
- Espessura da camada carbonizada



ELEVAÇÃO DA FACE NÃO EXPOSTA AO FOGO
(medidas em centímetros)



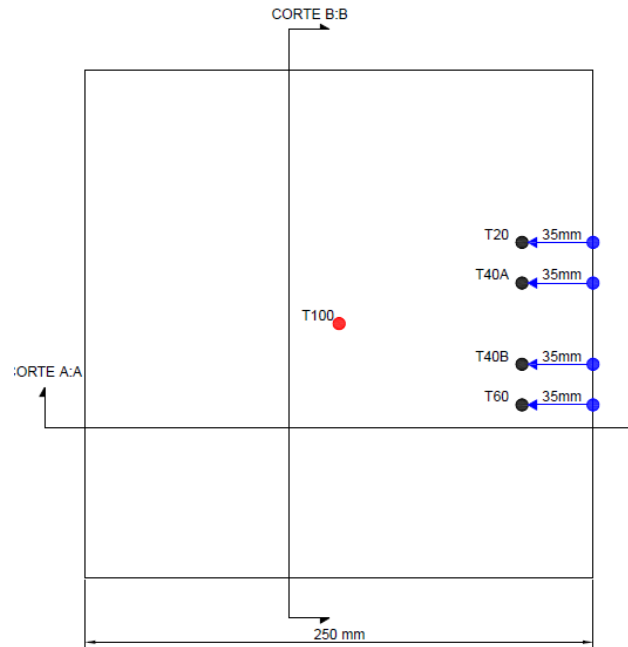
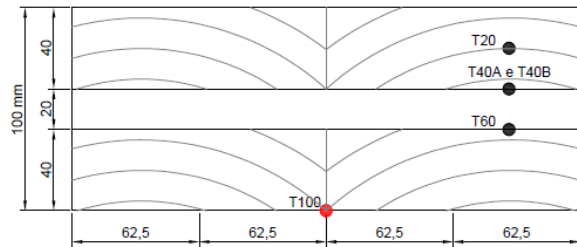
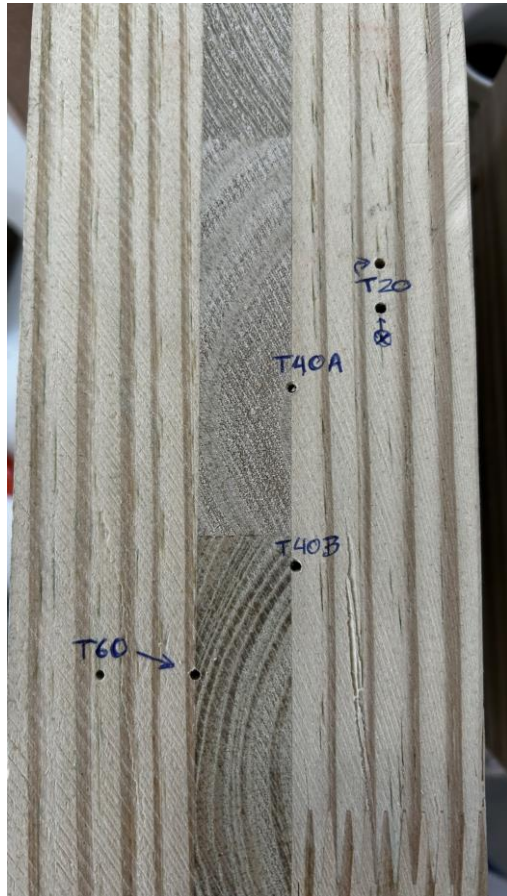
CORTE AA

corpo-de-prova

Materiais e métodos

Termopares paralelas às lamelas

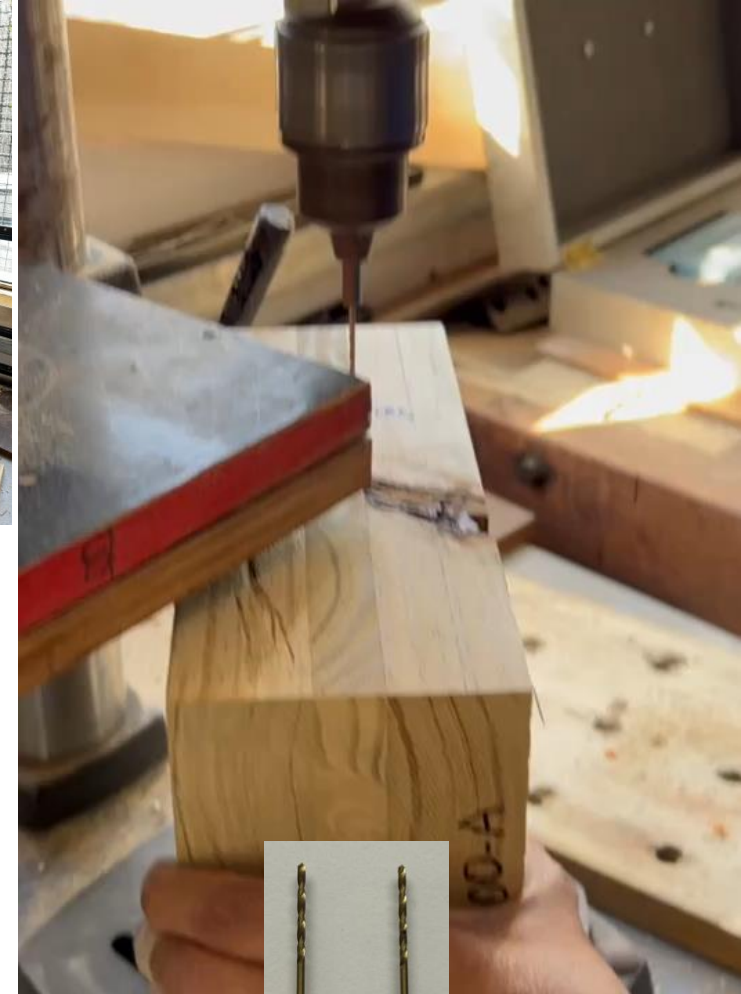
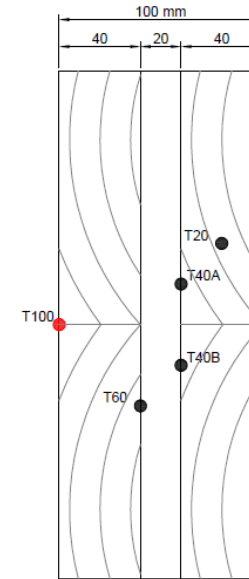
Isoterma 300°C



- Termopar externo (Face não exposta ao fogo)
- Termopar interno (Múltiplas profundidades)
- ← ● Direção do furo e face com 35mm de profundidade, feitos sempre a distância mínima de 20mm



CORTE B-B



Materiais e métodos



Forno vertical utilizado para os 2 ensaios

IPT - Laboratório de Segurança ao Fogo e Explosões (LsfEx)

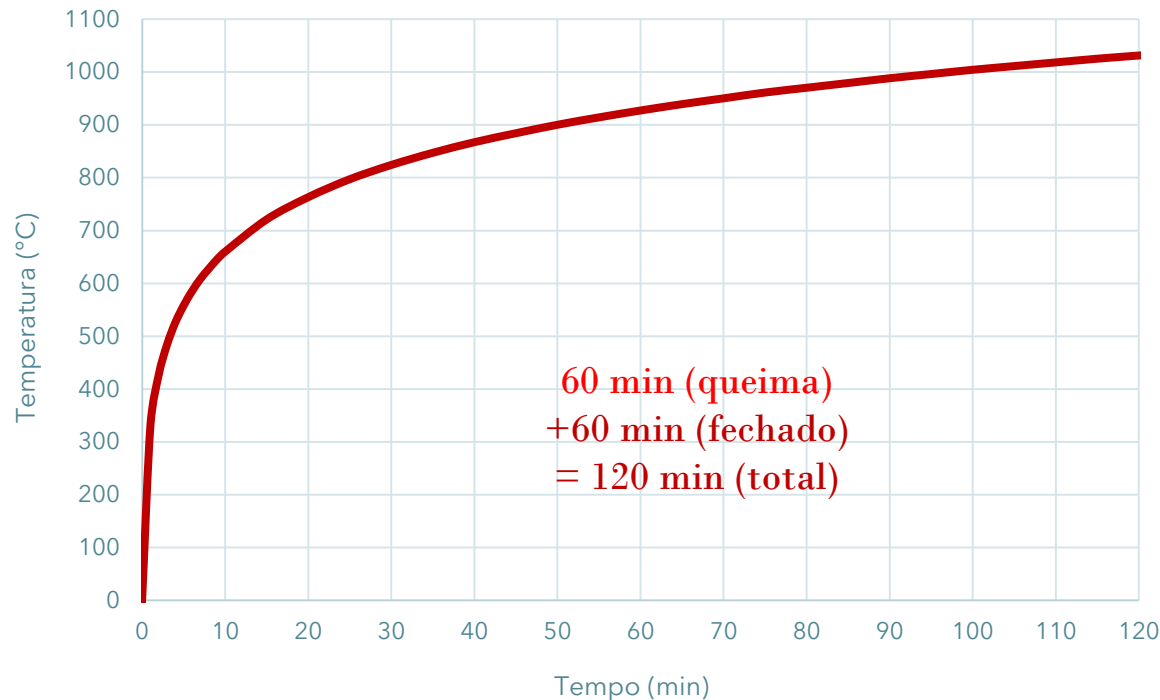
Materiais e métodos



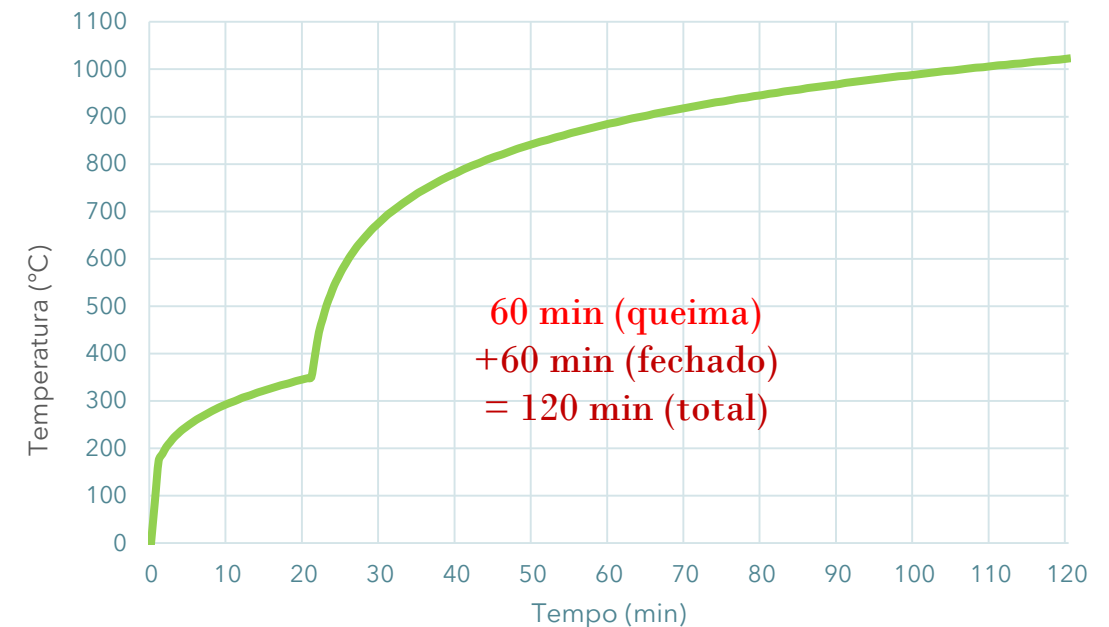
ABNT NBR 16965 – Ensaio de resistência ao fogo de elementos construtivos – Diretrizes gerais

ABNT NBR 17144-5 – Proteção contra incêndio de elementos estruturais — Ensaio de resistência ao fogo –
Parte 5: Revestimentos aplicados a elementos de madeira

Curva-padrão de elevação da temperatura



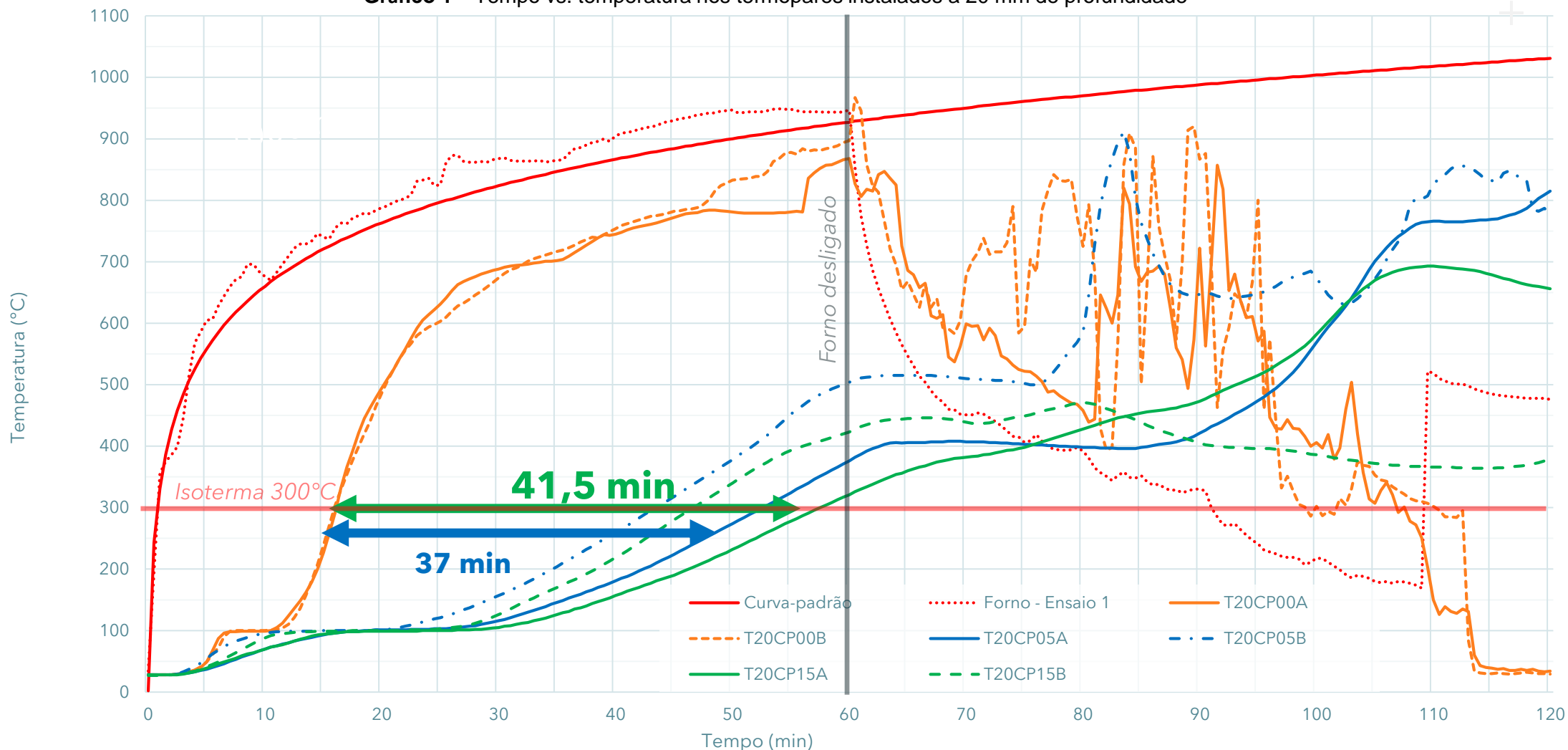
Curva de crescimento lento



Resultados do Ensaio 1



Gráfico 1 – Tempo vs. temperatura nos termopares instalados a 20 mm de profundidade



Referencial teórico



Andrea Lucherinia *et al* – *Exploring the fire behaviour of thin intumescent coatings used on timber*⁺



Corpos de Prova:

(20 cm x 20 cm x 10 cm)

- CLT não revestido
- CLT - 500 μm^*
- CLT - 1.300 μm^*
- CLT - 2.100 μm^*

*Rev. Intumescente base solvente

Densidade média: 435Kg/m³



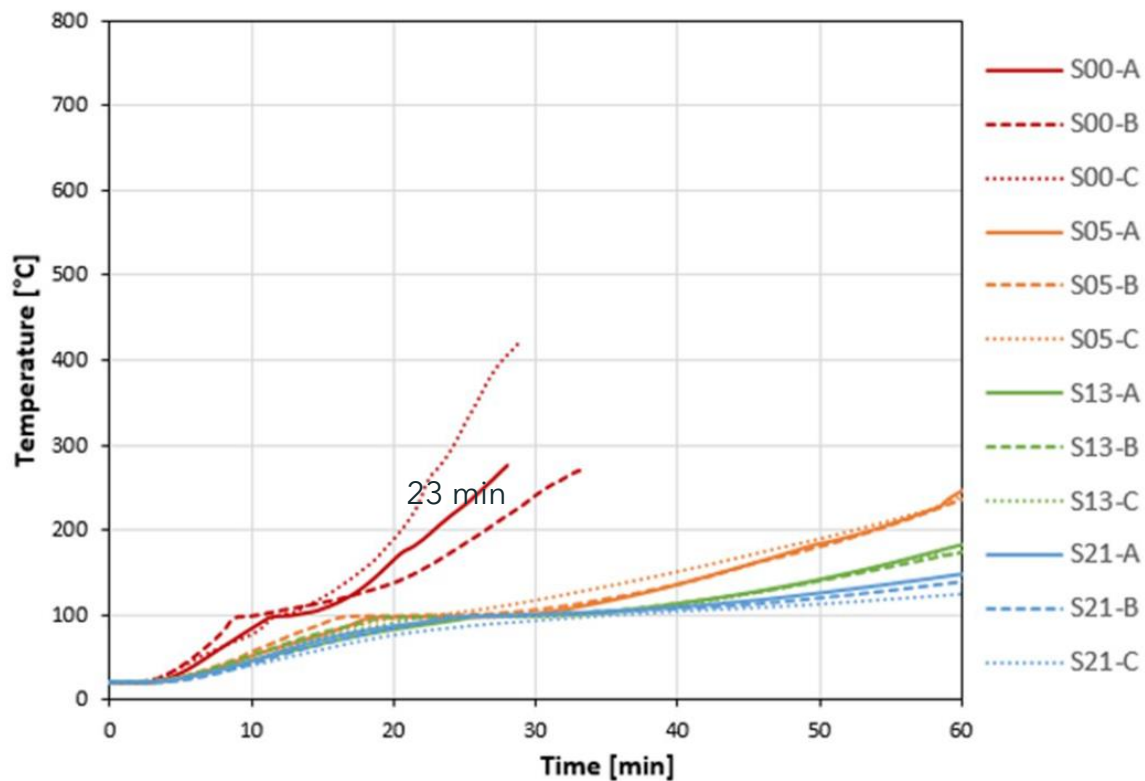
O método exploratório do Lucherinia é utilizando o H-TRIS:

- Permite visualizar intumescência e medir sua expansão
- Repetibilidade e pequena escala
- Atinge picos de 100 kw/m² e média de 50 kw/m²
- Não permite avaliar juntas, cargas e ligações

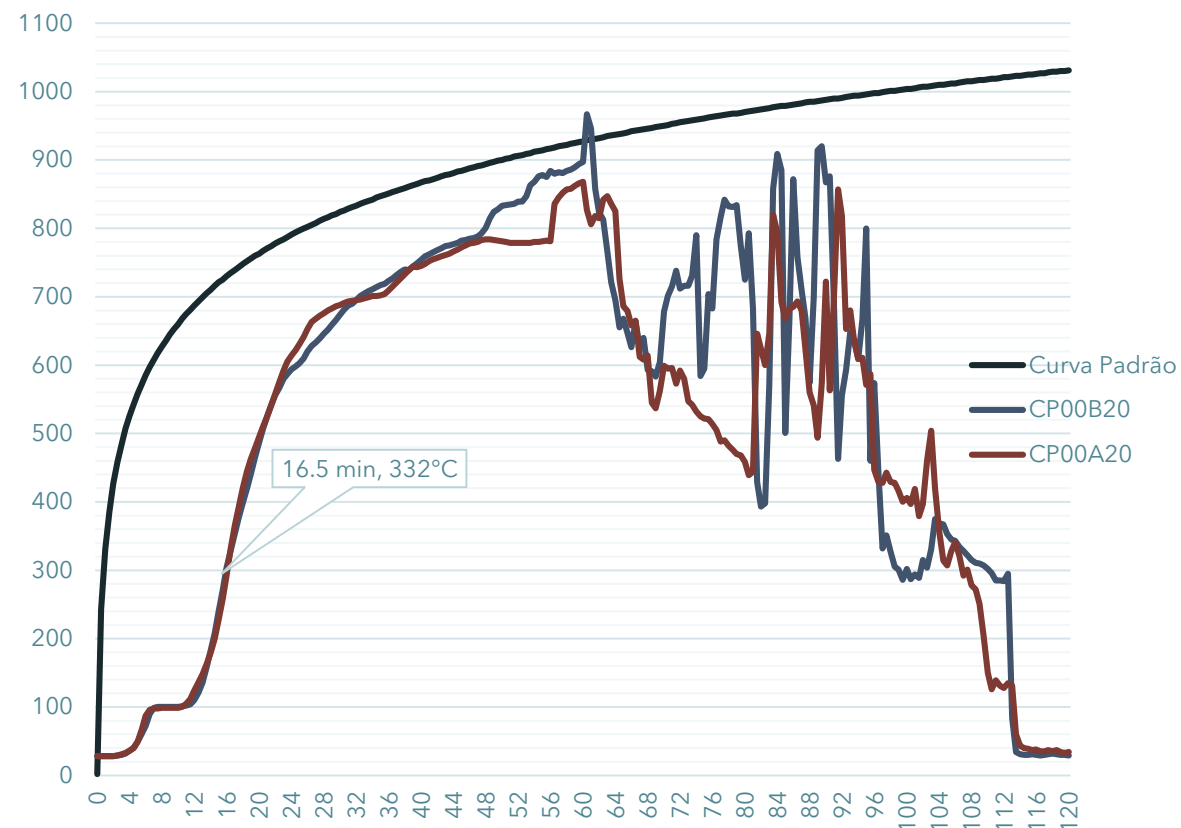
Referencial teórico



Método HTris



Curva-padrão elev. temperatura



- Termopares ortogonais vs. paralelos
- Temperatura do forno fechado maior (não dissipa calor)
- Controle gradual da elevação da temperatura (mais rigoroso)

Resultados do Ensaio 2

Curva de Incêndio de Crescimento Lento



Laboratório do IPT

07.11.2023 às 10:01

Ensaio: 2854-23

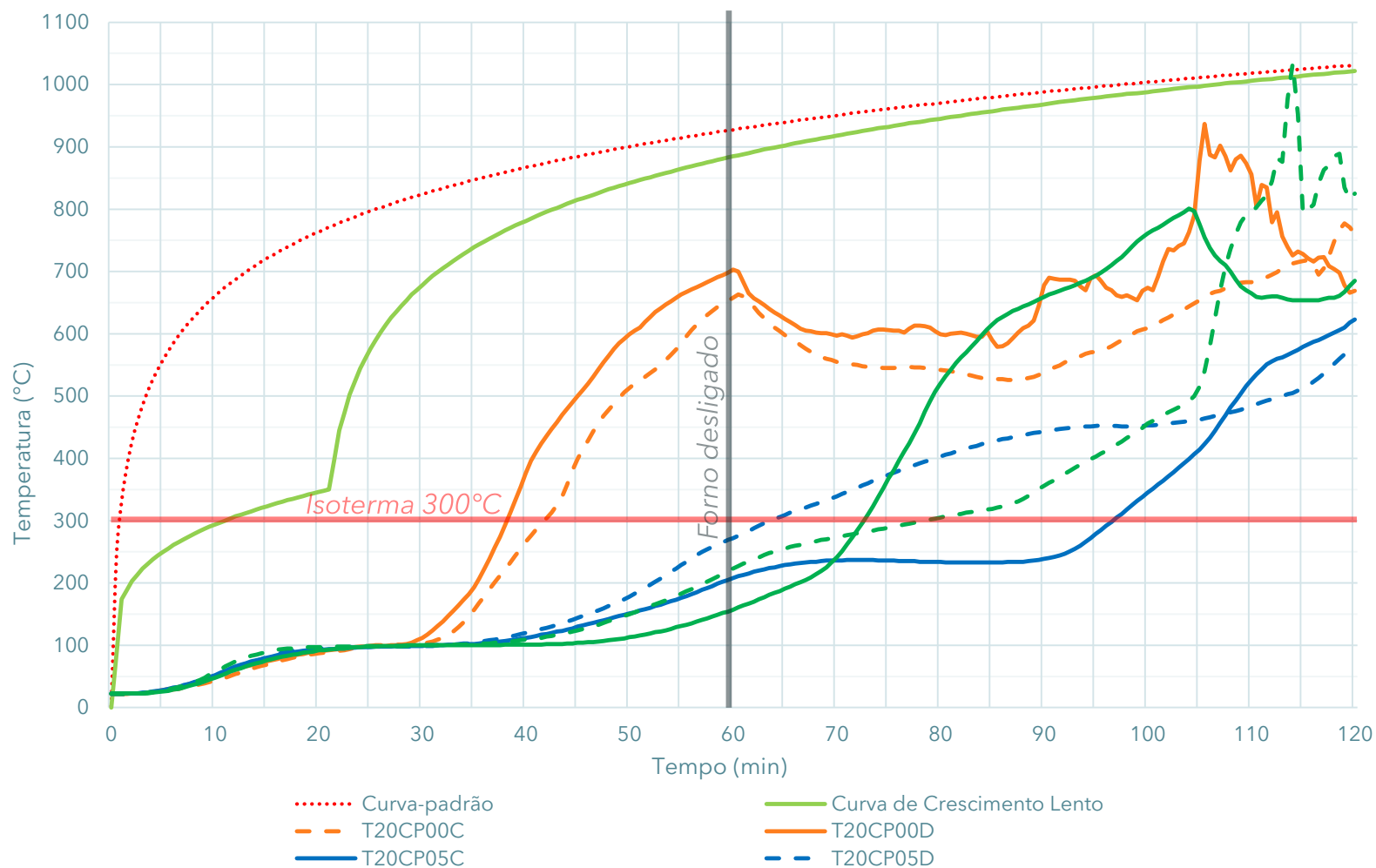
Condicionamento: 182 dias

- Temperaturas médias das faces não expostas ao fogo:
 - Início (0 min): 27,0-28,0°C
 - Término (60 min): 25,5 °C
 - Abertura (120 min): 53,5 °C
- Avaliar se material reativo (RI) expande e não cozinha, perdendo suas propriedades



Resultados do Ensaio 2

Curva de Incêndio de Crescimento Lento 20 mm profundidade (média)



- 14 min (~309°C):
 - Ensaio 1: em 6 min atinge 356°C
 - Em 14 min: 710°C
- TP20CP00-Média atinge a isoterma 300°C:
 - 39,5 minutos
 - 0,50 mm/min
- TP20CP revestidos (média):
 - 95,5°C aos 60 min
 - Não é possível calcular taxa de carbonização pela isoterma 300°C.



Resultados do Ensaio 2

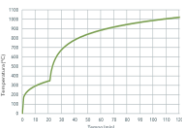


Curva de Incêndio de Crescimento Lento

Término
Queima
60 min



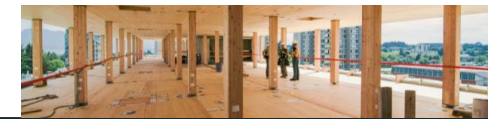
Conclusões Gerais



300

- Os painéis de MLCC protegidos com Rev. Intumescente apresentaram um tempo de resistência ao fogo superior aos corpos de prova de referência (não revestidos);
- Os CP de referência (sem proteção) demonstraram que a camada carbonizada confere um grau de proteção limitado e não atende à classe de reação ao fogo;
- A diferença de 500 para 1500 μ m demonstrou pouca melhoria, não diretamente proporcional;
- O revestimento intumescente, reagiu e expandiu, mesmo com a curva de crescimento lenta;
- A isoterma de 300°C se mostrou efetiva para a base de comparação das taxas de carbonização;

Referências



- [1] OLIVEIRA, Fabiana Lopes de et al (org.). A madeira industrializada na arquitetura contemporânea brasileira. São Paulo: Leud, 2023. 312 p.
- [2] APA. Engineered Wood: construction guide. Form No. E30X Tacoma, Wa: APA, 2019. 102 p.
- [3] LUCHERINI, Andrea et al. Exploring the fire behaviour of thin intumescent coatings used on timber. Fire Safety Journal. Amsterdã: Elsevier BV, p. 1-9. out. 2019.
- [4] ABNT. NBR 17144-5: Proteção contra incêndio de elementos estruturais – Ensaio de resistência ao fogo; Parte 5: Revestimentos aplicados a elementos de madeira. 1 ed. São Paulo: ABNT, 2023. 64 p.
- [5] FAHRNI, Reto et al. Investigation of Different Temperature Measurement Designs and Installations in Timber Members as Low Conductive Material. In: Structures in Fire SiF'2018: 10th International Conference on Structures in Fire, Belfast, Reino Unido, 6-8 Jun. 2018, p. 257-264. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000269112>
- [6] ABNT. NBR 16965: Ensaio de resistência ao fogo de elementos construtivos; Diretrizes gerais. 1 ed. São Paulo: ABNT, 2021. 47 p.



Muito obrigado!

Rogério Lin

rogerio.lin@ensino.ipt.br

+55 11 99917-3278

Prof. Dr. Fulvio Vittorino

fulviov@ipt.br