UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Escola de Engenharia de São Carlos

Departamento de Arquitetura

PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO PARA HABITAÇÕES EM MADEIRA

EDNA MOURA PINTO

ARQUITETA

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção de Título de Mestre em Arquitetura na Área de Tecnologia do Ambiente Construído.

AKEMI INO

ORIENTADORA

Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Tratamento da
Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

Pinto, Edna Moura
P659p Proteção contra incêndio para habitações em madeira
 / Edna Moura Pinto. – São Carlos, 2001.

Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São
São Carlos-Universidade de São Paulo, 2001.

Área: Tecnologia do Ambiente Construído.

Orientador : Profa. Dra. Akemi Ino.

1. Habitação. 2. Madeira. 3. Segurança contra incêndio.
I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Arquiteta **EDNA MOURA PINTO**

Dissertação defendida e julgada em 18-06-2001 perante a Comissão Julgadora:

Prof. Doutora **AKEMI INO (Orientadora)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

Aprovada.

Prof. Doutor **ANTÔNIO ALVES DIAS**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

Aprovada

Prof. Doutora **ROSARIA ONO**
(Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT)

Aprovada

Prof. Doutor **CARLOS ROBERTO M. DE ANDRADE**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura

JOSÉ CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais Odillon e Guiomar,
e aos meus queridos irmãos.*

AGRADECIMENTOS

Gostaria manifestar minha gratidão:

À orientadora Prof. Dra. Akemi Ino (SAP-EESC-USP); Prof. Dr. Marcos Tadeu Tibúrcio (Faculdade de Engenharia Unesp-Bauru); Cássia Figueiredo (Diretora Técnica Administrativa da Faculdade de Engenharia da Unesp-Bauru); ao LaMEM/SET/USP, em nome do Prof. Titular Carlito Calil Junior, Prof. Titular Francisco A. Rocco Lahr e Prof. Dr. Antonio Alves Dias, aos quais sou imensamente grata pelo apoio e acolhimento recebidos durante a elaboração deste trabalho, o meu muito obrigada. Aos colegas do LaMEM, aos colegas do Habis. Ao Departamento de Arquitetura (SAP/EESC/USP) e a Capes, pelo suporte financeiro.

Quero também agradecer a Iraci, Sra. Jessy e Sr. Manoel, pela confiança. E finalmente aos queridos amigos Célia Togashi e Sérgio Togashi, pelo apoio, encorajamento e amizade presente em todos os momentos.

Obrigada a todos.

SUMÁRIO

Lista de figuras	i
Lista de tabelas	iv
Lista de siglas	v
Resumo	vi
<i>Abstract</i>	vii
Apresentação	viii
Capítulo 1. A segurança contra incêndio	1
1.1 A necessidade de pesquisas voltadas à habitação de madeira no Brasil	1
1.2 A segurança contra incêndio em edificações de madeira	5
1.3 A prevenção e a proteção contra incêndio	13
1.3.1 a prevenção contra incêndio	13
1.3.2 a proteção contra incêndio	19
1.4 Considerações finais	34
Capítulo 2. O estudo dos incêndios	35
2.1 A combustão da madeira	35
2.2 Fases de degradação térmica da madeira	37
2.2.1 pirólise lenta	38
2.2.2 pirólise rápida	38
2.2.3 combustão flamejante	39
2.2.4 combustão incandescente	40
2.2.5 fumaça	40
2.3 A ação do fogo nas estruturas	41
2.3.1 Incêndio Padronizado	43
2.4 As fases de um incêndio	45
2.5 Considerações finais	49
Capítulo 3. Os códigos construtivos e os detalhes de projeto visando a segurança contra incêndio	50
3.1 A origem dos códigos construtivos	50
3.2 A regulamentação da utilização da madeira pelos códigos construtivos	55
3.3 Canadá	60
3.3.1 Breve histórico	61
3.3.2 A madeira e o NBCC	62
3.3.3 Detalhes construtivos	62
3.3.3.1 Sistema entramado	62
3.3.3.2 Construção de madeira maciça	63

3.4 Austrália	70
3.4.1 Breve histórico	70
3.4.2 Caracterização das edificações	71
3.4.3 Detalhes construtivos	75
3.5 Japão	88
3.5.1 Breve histórico	88
3.5.2 Detalhes construtivos	90
3.6 Suíça	103
3.6.1 Introdução	103
3.6.2 Detalhes construtivos	108
3.7 Considerações finais	119
Capítulo 4. A segurança contra incêndio no Brasil	121
4.1 O panorama brasileiro	121
4.2 O Código de obras e edificações de São Paulo	123
4.2.1 Decreto Estadual	124
4.2.2 Instrução Técnica	124
4.3 Critérios mínimos de desempenho	125
4.4 Considerações finais	127
Capítulo 5. Considerações finais	128
Anexos	131
Referências Bibliográficas	138
Glossário	
Apêndice	

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Incêndio na fábrica de motores da General Motors, Virgínia (EUA)	5
FIGURA 2	Fluxograma: aspectos a serem observados para o controle de incêndios em edificações de madeira	15
FIGURA 3	a) Principais causas de incêndios em edificações com estruturas de madeira no Estado de São Paulo	20
	b) Principais causas de incêndios em edificações no Estado de São Paulo	20
FIGURA 4	Gráfico: Incêndio x tipo de ocupação	24
FIGURA 5	Ventilação residencial	25
FIGURA 6	Dispositivo corta-fogo aplicado ao forro	28
FIGURA 7	Dispositivo corta-fogo aplicado em áreas de passagem de dutos	28
FIGURA 8	Dispositivo corta-fogo aplicado em parede divisória de edificação de múltiplos andares	29
FIGURA 9	Dispositivo corta-fogo aplicado em topo de escada	29
FIGURA 10	Barreira colocada paralelamente à peça de sustentação do forro	30
FIGURA 11	Subdivisão de áreas entre vigas de sustentação do piso	30
FIGURA 12	Barreira de proteção contra fogo em áticos e beirais	31
FIGURA 13	Separação espacial entre edificações	32
FIGURA 14	Corte transversal de uma tora de madeira	36
FIGURA 15	a) madeira serrada intacta	37
	b) pirólise	37
	c) combustão flamejante da madeira	37
	d) combustão incandescente da madeira	38
	e) resíduo da combustão incompleta da madeira	38
FIGURA 16	Pilar de madeira carbonizado	42
FIGURA 17	Fatores que controlam a ignição dos materiais	45
FIGURA 18	Fases de evolução de um incêndio	47
FIGURA 19	Incêndio em Boston (EUA) ocorrido em 1872	51
FIGURA 20	Sistema entramado balão ou globalizado	57
FIGURA 21	Sistema entramado plataforma	58
FIGURA 22	Vista inferior de uma residência construída em sistema entramado plataforma	59
FIGURA 23	Conexões entre elementos estruturais de madeira maciça	65
FIGURA 24	Viga de madeira apoiada diretamente sobre parede de alvenaria	66
FIGURA 25	Junção pilar-viga de madeira junto a parede separatória	66
FIGURA 26	Uso de piso elevado de madeira em edificação incombustível	67
FIGURA 27	Separação contra fogo em edificação residencial multifamiliar	68
FIGURA 28	Continuidade de parede de separação contra fogo	69
FIGURA 29	Separação contra fogo	69
FIGURA 30	Edificação residencial multifamiliar (19 apartamentos) construída em sistema entramado sobre pavimento térreo em alvenaria de blocos	71
FIGURA 31	Residências unifamiliares, exigências de resistência ao fogo	75
FIGURA 32	Parede dupla, FRL 60/60/60 (planta)	76
FIGURA 33	Sub-solo (corte)	77
FIGURA 34	Junção parede x piso (corte)	78
FIGURA 35	Paredes separatórias em áticos (corte)	79
FIGURA 36	Junção parede x viga com iguais exigências de resistência ao fogo (corte)	80
FIGURA 37	Parede dupla, FRL 90/90/90 (planta)	80

FIGURA 38	Junção entre parede interna e parede externa, ambas com resistência ao fogo (planta)	81
FIGURA 39	Junção entre paredes internas, onde somente uma apresenta resistência ao fogo (planta)	82
FIGURA 40	Proteção da cobertura por prolongamento da parede separatória até alcançar o ático	83
FIGURA 41	Proteção da cobertura por adoção de forro com resistência à propagação de chamas	83
FIGURA 42	Denominação das paredes	85
FIGURA 43	Junção parede x parede (planta) usando proteção com peças de madeira maciça	85
FIGURA 44	Junção parede x piso (corte) usando proteção com peças de madeira maciça	85
FIGURA 45	Junção parede x parede (planta) usando proteção de madeira maciça e cantoneiras	86
FIGURA 46	Junção parede x piso (corte) usando proteção corta-fogo	86
FIGURA 47	Junção parede x parede (planta) usando proteção de madeira maciça e selante intumescente	87
FIGURA 48	Junção parede x piso (corte) usando proteção de madeira maciça e selante intumescente	87
FIGURA 49	Junção parede x parede (planta) usando proteção de madeira maciça e revestimento com placas de fibrocimento	87
FIGURA 50	Junção parede x piso (corte) usando proteção de madeira maciça e revestimento com placa de fibrocimento	87
FIGURA 51	Sistema tradicional simplificado (planta e perspectiva da parede)	91
FIGURA 52	Parede do sistema tradicional simplificado	91
FIGURA 53	Avanço das chamas através do beiral (corte) – sistema tradicional simplificado	92
FIGURA 54	Puxado de madeira tipo caixão	94
FIGURA 55	Puxado de madeira aberto	94
FIGURA 56	Beiral de madeira com forro inclinado	94
FIGURA 57	Beiral de madeira com forro inclinado revestido por estuque	95
FIGURA 58	Beiral de madeira tipo caixão	96
FIGURA 59	Terraço com forro tipo caixão	97
FIGURA 60	Terraço com forro tipo caixão e interior protegido por chapa metálica	97
FIGURA 61	Acabamento de parede exterior no qual a junta da base de madeira coincide com a junta do painel (forma incorreta)	98
FIGURA 62	Acabamento de parede exterior no qual a junta da base de madeira não coincide com a junta do painel (forma correta)	98
FIGURA 63	Acabamento de parede exterior com tábuas de madeira e vedação de juntas com selante (planta)	99
FIGURA 64	Acabamento de parede exterior com tábuas de madeira e vedação de juntas com selante (corte)	99
FIGURA 65	Acabamento de parede exterior com tábuas de madeira e vedação de Juntas com selante e peças de madeira (planta)	99
FIGURA 66	Acabamento de parede exterior com tábuas de madeira e vedação de junta com conector incombustível (planta)	100
FIGURA 67	Acabamento de parede exterior com tábuas de madeira e vedação de	100

	junta com conector incombustível (corte)	
FIGURA 68	Acabamento de parede exterior com tábuas de madeira e vedação de juntas com conector metálico	100
FIGURA 69	Acabamento de parede exterior com tábuas de madeira e vedação com chapa de zinco	100
FIGURA 70	Acabamento de parede exterior com tábuas de madeira e vedação de juntas com chapa de zinco (planta e corte)	101
FIGURA 71	Acabamento de parede exterior com tábuas de madeira e vedação com mata-junta (planta e corte)	101
FIGURA 72	Acabamento de parede exterior com tábuas de madeira e vedação com mata-junta (planta)	102
FIGURA 73	Parede de separação entre duas residências unifamiliares	109
FIGURA 74	Parede de separação entre duas residências unifamiliares, segundo DIN 4102	110
FIGURA 75	Ligação de parede x cobertura (corte)	111
FIGURA 76	União parede exterior comum a duas edificações unifamiliares (planta)	111
FIGURA 77	Interface parede x telhado entre duas edificações com coberturas escalonadas (corte)	112
FIGURA 78	Interface entre parede de duas edificações com recuos de fachada diferentes	112
FIGURA 79	Ligação entre parede resistente ao fogo e cobertura	113
FIGURA 80	Ligação entre parede resistente ao fogo e cobertura variação 1	113
FIGURA 81	Ligação entre parede resistente ao fogo e cobertura variação 2	114
FIGURA 82	Ligação entre parede resistente ao fogo e beiral com forro aplicado sobre os caibros (corte)	114
FIGURA 83	Ligação entre parede resistente ao fogo e beiral com caibros aparentes (corte)	115
FIGURA 84	Ligação entre uma parede sem resistência ao fogo x piso resistente ao fogo (corte)	115
FIGURA 85	Ligação entre uma parede sem resistência ao fogo x piso resistente ao fogo (corte) variação 1	115
FIGURA 86	Ligação entre uma parede sem resistência ao fogo x piso resistente ao fogo (corte) variação 2	116
FIGURA 87	Ligação entre parede resistente ao fogo x piso resistente ao fogo (corte)	116
FIGURA 88	Ligação entre parede resistente ao fogo x piso resistente ao fogo (corte) variação 1	117
FIGURA 89	Revestimento de proteção para cozinhas à gás	118
FIGURA 90	Revestimento de proteção para cozinhas à gás (planta)	118
FIGURA 91	Revestimento de proteção para cozinhas à gás (corte)	118

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Referencias de resistência ao fogo	10
TABELA 2	Índices de propagação de chamas	10
TABELA 3	Tempo de resistência associado a painéis de revestimento	31
TABELA 4	Distância limite entre edificações	33
TABELA 5	Relação entre temperatura e coloração de chamas	47
TABELA 6	Evolução dos principais aspectos abordados	54
TABELA 7	Perdas ocasionadas por incêndios em edificações residenciais canadenses entre 1993-1995	60
TABELA 8	Construções de madeira maciça, dimensões mínimas dos elementos construtivos	64
TABELA 9	Classificação das edificações, segundo o Código Construtivo Australiano	72
TABELA 10	Tipos de edificações a partir da relação entre o número de andares e as classes	74
TABELA 11	Espessuras mínimas das peças de proteção de madeira	84
TABELA 12	Tipos de edificações segundo o <i>Buiding Standard Law</i>	89
TABELA 13	Exigências de resistência ao fogo	104
TABELA 14	Utilização da madeira segundo as diferentes classes de resistência ao fogo	106
TABELA 15	Grau de combustibilidade dos materiais de construção	107
TABELA 16	Densidade ótica da fumaça	108
TABELA 17	Classificação das edificações segundo a área construída	125

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABCB – Australian Building Codes Board
ACNBC – Associate Committee on the National Building Code (Canadá)
ASTM – American Society for Testing and Materials
BCA – Building Code of Australia
CIB – Conseil International du Batiment
COE – Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo
CWC – Canadian Wood Council
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S. A.
ISO – International Organization for Standardization
NBCC – National Building Code of Canada
NBR – Norma Brasileira Registrada
NBS – National Bureau of Standards (atual NIST)
NFC – National Fire Code (Canadá)
NIST – National Institute of Standards and Technology
NRC – National Research Council of Canada
OSB – Oriented Strand Board
MLC – Madeira Laminada Colada
MRTFC – Multi-Residential Timber Construction
RILEM – Réunion Internationale de Laboratoires d’Essais et de Recherches sur Les
Materiaux et Constructions.

RESUMO

PINTO, E. M. (2001). *Proteção contra incêndio para habitações em madeira*. São Carlos. 143p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

Dentre os potenciais riscos ligados à utilização da madeira na construção habitacional no Brasil, está presente a insegurança frente ao risco de incêndio. Embora seja um material combustível, o necessário nível de segurança pode ser alcançado por meio de cuidados presentes em todas as etapas do processo produtivo. Na fase de projeto isto ocorre, entre outros, através da correta escolha dos materiais utilizados, através da concepção espacial e de detalhes construtivos contemplando a proteção dos elementos e componentes da edificação em madeira. Neste trabalho serão apresentados detalhes construtivos visando a segurança contra incêndio para habitações em madeira, adotados pela Austrália, Canadá, Japão e Suíça, assim como o panorama da segurança contra incêndio em habitações de madeira no Brasil.

Palavras-chave: Habitação; madeira, segurança contra incêndio.

ABSTRACT

Among the potential risks involved in the use of wood in housing construction in Brazil is the lack of firesafety. Although wood is a combustible material, the required level of safety can be achieved by the appropriate care taken throughout the different stages of production. In the design stage, among other factors, safety is achieved by the correct choice of materials, the spatial conception, and details of the construction that take into account the protection of the elements and components of a wooden building. This dissertation discusses construction details aimed at protection against fire hazards for wooden buildings, which have been adopted in Australia, Canada, Japan and Switzerland, as well as an overview of firesafety measures in wooden housing in Brazil.

Keywords: woodhouses, timber, firesafety.

APRESENTAÇÃO

No Brasil, a casa de madeira é muitas vezes comparada a uma moradia provisória e pouco durável. Todavia, a madeira se apresenta como material alternativo na construção de habitações, não apenas pela disponibilidade, mas também pelas excelentes qualidades físicas e mecânicas.

Em se tratando de madeira de reflorestamento, sua renovabilidade é uma das principais vantagens na composição de sistemas construtivos capazes de atender à demanda habitacional. Apesar destas vantagens, a madeira tem sofrido restrições por parte de agentes financeiros de habitação por conta da insegurança ante a potenciais riscos ligados às soluções construtivas.

Dentre os potenciais riscos, está a questão da segurança contra incêndio, a qual deve estar presente em todas as etapas envolvidas no processo produtivo e no uso de edifício, ou seja, desde a concepção, o projeto, a construção, a operação e a manutenção. Constatando a carência de informações na área, este trabalho enfoca uma das questões tecnológicas sobre a madeira que necessita de um maior investimento em pesquisas: a segurança contra incêndio.

Para atingir este objetivo, o trabalho resgatou primeiramente informações básicas para a abordagem da proposição, tais como a combustão da madeira, o estudo dos incêndios, os códigos construtivos e a realidade brasileira, com o propósito de organizar as informações já existentes e à disposição, e que não raro são desconhecidas dos pesquisadores e projetistas. O trabalho se estrutura em 5 (cinco) capítulos, assim constituídos:

Capítulo 1. A segurança contra incêndio

Capítulo 2. O estudo dos incêndios

Capítulo 3. Os códigos construtivos e os detalhes de projeto visando a segurança contra incêndio

Capítulo 4. A segurança contra incêndio no Brasil

Capítulo 5. Considerações finais

QUESTIONAMENTOS DA PESQUISA

- De que modo assegurar o desempenho da habitação em madeira com respeito a segurança contra incêndio?
- Existe no Brasil legislação e normas que contemplem a segurança contra fogo para habitações em madeira?
- Como os países com tradição construtiva em madeira regulamentam estas construções, garantindo a segurança contra incêndio?

OBJETIVOS DA PESQUISA

- levantar as intervenções arquitetônicas previstas nos códigos adotados internacionalmente, visando a segurança contra incêndio para habitações de madeira;
- Sistematizar detalhes construtivos em madeira que contribuam para o aumento da segurança contra incêndio
- Identificar na conjuntura brasileira, as medidas tomadas para promover a segurança contra incêndio em edificações residenciais, em especial para habitações em madeira.

MÉTODO UTILIZADO

Para satisfazer os objetivos e os questionamentos desta pesquisa, foram buscadas informações junto a trabalhos acadêmicos, entrevista, artigos, revistas, rede mundial de computadores, catálogos de produtos, normas e livros. E foram seguidas as seguintes etapas:

- Obtenção de créditos em disciplinas que acrescentem informações e questionamentos para a pesquisa;
- Levantamento de bibliografia;
- Organização das informações coletadas;
- Discussão e elaboração de soluções que orientem a elaboração de projetos arquitetônicos residenciais que utilizem sistema construtivo em madeira ;
- Qualificação e
- Montagem e defesa da dissertação.

CAPÍTULO 1 – A segurança contra Incêndio

madeira se apresenta como um material promissor junto à construção habitacional. Mas para que isto efetivamente ocorra, é necessário que sua utilização esteja associada a pesquisas que a tornem tecnicamente adequada a este propósito.

No Brasil, os estudos relacionados a incêndios tiveram início na segunda metade da década de 70. Desde então foram conquistados muitos avanços junto às questões de segurança contra incêndio na construção civil. Entretanto, em nosso país estes estudos voltados à madeira se apresentam como um vasto campo a ser explorado.

A abordagem científica dos incêndios a partir da segunda metade do século XX, principalmente por países europeus, norte-americanos e asiáticos possibilitou, por meio de um instrumental tecnológico, o emprego da madeira em locais da construção habitacional onde antes ela representava risco, rompendo assim o preconceito quanto a sua utilização e consagrando sua viabilidade construtiva.

1.1 A NECESSIDADE DE PESQUISAS VOLTADAS À HABITAÇÃO DE MADEIRA NO BRASIL

MARICATO (1986) atenta para o fato de que nosso país possui pouca tradição e acúmulo de conhecimento com relação as pesquisas em ciência e tecnologia, particularmente na área de habitação e ambiente construído. A maioria dos cursos

de pós-graduação foram implantados na década de 70. Não muito se considerarmos que o tempo é fundamental para a maturação dos resultados, para a formação dos recursos humanos, laboratórios, cadastros, centros informativos, produção acadêmica, etc.

MARICATO (1986) ainda afirma que as novas tecnologias são desenvolvidas (ou adaptadas) no interior das empresas construtoras a partir de *know how* estrangeiro. Tecnologias que foram e são rapidamente incorporadas ao processo produtivo sem passarem pelo crivo de homologações ou padrões de desempenho. Os centros de pesquisa foram observadores desse movimento ou no máximo participaram de avaliações do produto final.

Com respeito à tecnologia em sistemas construtivos, INO (1992a) observa haver uma deficiência na sistematização das informações existentes relativas à tecnologia de construção em madeira e que qualquer esforço para compilar as informações relativas a este tipo de habitação tem a sua importância. O que certamente contribuiria para sanar entre outros problemas, as restrições ao financiamento de casas de madeira por parte dos agentes financiadores da habitação e a resistência por parte da população em adquirir uma moradia feita com este material.

Em países desenvolvidos, o avanço tecnológico e a utilização racional deste promissor recurso natural e renovável em sistemas construtivos são respaldados por normas que regulamentam sua utilização de forma segura, por estudos relativos à segurança contra incêndio, assim como avanços e estruturação da engenharia de madeiras.

O Brasil, apesar de possuir uma vocação natural para a produção de madeira reflorestada e nativa, apresenta insuficiente aproveitamento na construção civil, com utilização pontuada aos extremos sociais. Mostra-se um material barato e acessível para as pessoas de baixa renda (caracterizado pela precária durabilidade) e, por outro lado, um material sofisticado que atende a exigente classe de alta renda.

Esta não é uma constatação recente, a este respeito, FREITAS (1971, p.66) ao participar de uma série de debates realizados na Universidade de *British Columbia*

– Canadá, já concluía que “...a maioria dos países em desenvolvimento estão na mesma situação do Brasil: a despeito de suas reservas florestais abundantes não utilizam a madeira na construção de casas. Isso se deve ao fato de que os métodos primitivos de extração, processamento e utilização da madeira levaram-na muitas vezes a um desempenho pouco satisfatório, conferindo-lhe com o passar do tempo um conceito errôneo de material de construção de baixa qualidade”.

Outro fator de interferência que caracteriza a utilização da madeira no Brasil é a diversidade regional. Verifica-se que, na região Norte, ocorre um alto índice de construções utilizando madeira nativa, devido a abundância deste material. No Estado do Amazonas, cerca de 72% das moradias são de madeira, PEREZ & KAWAZOE (1984).

No sul do Brasil, a presença da madeira como material empregado em moradias se deve aos imigrantes europeus, que trouxeram consigo as técnicas construtivas de seus países de origem, utilizando inicialmente madeiras nativas e posteriormente madeiras de reflorestamento. Prática que não se pode atribuir aos colonizadores portugueses que, por sua vez, privilegiaram outros materiais (taipa e pedra) aos quais estavam mais familiarizados.

Em resumo, no Brasil as habitações de madeira são executadas sob a influência de diversificadas técnicas construtivas, espécies de árvores, variações climáticas, culturais, sociais e financeiras. Mas o ponto em comum quanto a prática da construção habitacional em madeira no Brasil se encontra na ausência de racionalização dos componentes e dos sistemas construtivos.

A ausência de sistemas construtivos racionalizados e expressivos em nível nacional, dificulta a regulamentação do uso da madeira na construção de habitações e o avanço e incorporação de tecnologias. Com o propósito de se utilizar a madeira como material construtivo em habitações, não se pode desassociar a necessidade de regulamentar sua utilização a estudos voltados à proteção destas edificações contra a ação do fogo, para assim torná-las tecnicamente adequadas a este propósito.

Neste sentido, estamos vivendo atualmente no Brasil um período de grande fomento a discussões sobre a qualidade e o desempenho de materiais, componentes e sistemas. Parte desta inquietação se atribui à abertura de mercado e à integração global, que exigem cada vez mais qualidade e competitividade dos produtos e serviços. E parte se deve ao aparecimento de novas propostas de sistemas construtivos para a habitação de interesse social no Brasil, surgindo a necessidade de mecanismos que garantam a qualidade destes sistemas.

Trabalhos publicados recentemente ampliam a discussão acerca da segurança contra incêndio, sobre a adequação normativa e de procedimentos de análise:

SEITO (1995) aborda a implantação de um método de análise de risco e a importância deste para o conhecimento dos conceitos imbuídos em cada item da segurança contra incêndio e sua influência nos projetos que contemplem as medidas de prevenção e proteção contra incêndio.

ONO (1991) expõe a importância da criação de bancos de dados relativos à segurança contra incêndio, e sua contribuição para o desenvolvimento de sistemas de avaliação de desempenho das edificações em relação à segurança contra incêndio.

MITIDIERI (1998) disserta sobre a implantação de uma metodologia de classificação dos materiais em nível nacional, o que seria de grande contribuição para a segurança contra incêndio.

MITIDIERI FILHO (1998) faz uma avaliação de desempenho estrutural de componentes e elementos construtivos inovadores destinados a habitações. Em meio a abordagem do tema, expõe a necessidade de atualização dos procedimentos de análise de sistemas inovadores adotados pela CEF. No caso particular da exigência de segurança ao fogo, aponta a inadequação das exigências de ensaios e ausência de critérios relativos à reação ao fogo dos materiais de acabamento e revestimento dos elementos construtivos, da limitação do risco de incêndio e a abordagem sobre a implantação de conjuntos habitacionais.

Com o estabelecimento dos critérios mínimos de desempenho e a possível normalização destes critérios, torna-se necessário que os profissionais envolvidos o

se inteirem a respeito dos aspectos envolvidos na segurança contra incêndio, para que isto se torne uma prática comum na elaboração dos projetos.

1.2 A SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO EM EDIFICAÇÕES DE MADEIRA

Segundo a APA ¹ (1983) o primeiro passo para se projetar ou se construir uma habitação protegida de incêndios é reconhecer simplesmente que não existe nenhum prédio à prova de fogo. Todos os objetos internos ao edifício queimam e a fumaça e o calor gerados podem causar danos à edificação e perda de vidas, independente do material estrutural ou de revestimento e acabamento utilizados.

A relevância desta afirmação reside no fato de até recentemente haver o errôneo pensamento de que edifícios construídos com materiais incombustíveis (concreto, estruturas metálicas, aço, alvenaria) eram imunes a severidade dos incêndios. O que só veio realmente a ser desmitificado através das ocorrências de incêndios em edifícios construídos com materiais incombustíveis, tal como ilustra o incêndio ocorrido em 1953 (Figura 1) em um dos prédios da empresa *General Motors*, então considerado incombustível e que ficou totalmente destruído após um incêndio.

FIGURA 1. Incêndio na fábrica de motores da General Motors, Virgínia (EUA)

Fonte: The Spectator (1953).

¹ American Plywood Association

Como é de conhecimento das literaturas relativas ao assunto, o aço à temperaturas em torno de 500^o a 700^oC, tem sua resistência diminuída em 50%; o concreto a 540^oC, perde 90% de sua resistência à compressão e o alumínio perde sua resistência aos 200^oC, fundindo aos 600^oC. JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (1984).

A madeira, por sua vez, apresenta bom desempenho contra incêndio quando comparada a outros materiais estruturais. As peças robustas quando sob a ação das chamas, formam uma camada de carvão isolante que impede a saída de gases inflamáveis e a propagação de calor para seu interior (a velocidade de carbonização média da madeira é 0,63 mm/min) o que justifica sua capacidade em manter a sustentação estrutural mesmo após terem sido expostas a altas temperaturas.

Esta vantagem das peças robustas de madeira frente aos demais materiais deve ser especialmente considerada, pois um edifício ao se incendiar atinge facilmente temperaturas entre 700^o a 900^oC, o que representa a perda de resistência para materiais como o concreto e perda da capacidade de suportar carregamento por parte de todos os materiais metálicos (alumínio, ferro e aço) caso não estejam devidamente protegidos, diferentemente das estruturas de madeira que sob certas condições mantém sua capacidade de suportar as cargas e por conseguinte permitir a ação dos sistemas de combate a incêndio.

Quanto ao risco inicial de combustão da madeira, AGUILLAR & CALIL (1986) alertam que a maior ou menor tendência da madeira entrar em combustão depende da espécie da madeira, do teor de umidade, da temperatura da fonte de calor, duração de exposição, tamanho e forma da madeira e detalhes construtivos. Afirma ainda, que o risco de rápida destruição pela ação do fogo, em edifícios de madeira, pode ser reduzido ao mínimo mediante detalhes de projeto e construção.

Ou seja, são muitas as variáveis a serem consideradas e que colaboram para tornar a madeira um material mais seguro, merecendo o combate à ação do fogo um tratamento global, considerando as características deste material, cuidados com detalhes construtivos, implantação, e conscientização dos usuários, INO (1992b).

Para BERTO (1991) a segurança contra incêndio é um objetivo a ser perseguido durante todas as etapas envolvidas no processo produtivo e no uso do edifício, e nenhuma etapa deve ser menosprezada. Porém, na fase de projeto a questão deve ser especialmente considerada, devido ao fato de ser o momento no qual se estabelece a estrutura básica da segurança contra incêndio.

No que diz respeito à fase projetual, BUCHANAN (1999) afirma que as construções em madeira podem ser projetadas para ter uma excelente resistência ao fogo, controle de sua expansão, estruturas resistentes ao colapso e mesmo não compartilhando a vantagem de possuir uma resistência por seção residual, as edificações que utilizam sistema construtivo com madeira de baixa densidade podem ser protegidas com materiais de revestimento resistentes ao fogo, levando em consideração o projeto e as junções entre as peças.

Para WHITE & DIETENBERGER (1999, p.1) “A segurança contra incêndio envolve a prevenção, detecção, contenção e evacuação e tem início com a tomada de medidas de prevenção que significam, basicamente, evitar a ignição dos materiais combustíveis pelo controle tanto da fonte de calor como do material combustível. Isto envolve o projeto, a construção e a manutenção da edificação e de seu conteúdo”.

A JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (1984), em seu *Manual de diseño para maderas*, considera dois recursos a serem observados para se obter o controle do incêndio: prevenção e proteção.

1. Sistema de prevenção. São os chamados recursos que se antecipam ao aparecimento de um incêndio.
2. Sistema de proteção. Considerando a existência do incêndio, é necessária a utilização de meios visando impedir que o fogo se alastre e cause a morte dos ocupantes. Se baseiam principalmente em aspectos de projeto arquitetônico, detecção e confinamento do fogo.

No entanto, o comportamento dos materiais construtivos, aspectos arquitetônicos, equipamentos de detecção e de combate a incêndios, não podem isoladamente

promover a segurança contra fogo de uma edificação, mas sim a apropriada combinação destes itens.

Mesmo adotando medidas preventivas, a possibilidade da ocorrência de um incêndio não é descartada. Caso ele ocorra, as atitudes prioritárias são: a segurança dos ocupantes, após a evacuação destes, a segurança dos agentes da brigada de incêndio, a segurança da propriedade e das propriedades vizinhas.

A velocidade com que um incêndio se desenvolve e a velocidade com que é extinto têm grande importância na garantia da segurança de vida e na extensão dos danos que vierem a ocorrer no material contido na edificação e na estrutura de sustentação.

Em resumo, quanto mais prolongado for o período inicial de um incêndio (onde as temperaturas são mais baixas) maiores são as possibilidades de sua extinção, a fuga dos usuários e menores serão os danos à estrutura e à propriedade.

Atualmente é aceito como verdade a inexistência dos chamados edifícios à prova de fogo. Neste sentido, a AMERICAN PLYWOOD ASSOCIATION (1986) esclarece que uma construção apropriadamente em conformidade com as regulamentações dos códigos, pode ser projetada tanto com materiais combustíveis como por incombustíveis. O que traz boa perspectiva à utilização da madeira e do compensado, e respalda sua utilização em construções térreas e de médio porte (quatro à seis andares).

Os aspectos relacionados à proteção contra incêndio para edificações em madeira permeiam tanto as características da edificação (altura, área construída, aberturas, distribuição espacial, resistência estrutural, afastamentos, uso de medidas de proteção passiva etc) quanto os materiais empregados na construção.

SEITO (1995, p. 23) define as medidas de proteção passiva como “aquelas que não necessitam da interferência humana para sua operação”.

Quanto aos materiais, é considerado o comportamento frente ao fogo (reação ao fogo e a resistência ao fogo).

Segundo GLOSSARY OF FIRE TERMS AND DEFINITIONS² (1990) apud MITIDIERI (1998) a resistência ao fogo é definida como a habilidade com que um elemento construtivo atende, por um período de tempo requerido, às suas funções de estabilidade, estanqueidade e isolamento térmico, especificados por métodos de ensaios de resistência ao fogo; e a reação ao fogo é definida como todas as transformações físicas e químicas sofridas por um material exposto a um fogo incontrolado.

É por meio das propriedades de resistência dos materiais que se pode maximizar a proteção dos ocupantes da edificação. Os materiais ou elementos construtivos quando submetidos a ensaios de resistência, são expostos a condições de incêndio a fim de se avaliar seu comportamento quanto a estabilidade (capacidade de suportar o carregamento), estanqueidade (não permitir o surgimento de fissuras através das quais passem gases quentes e fumaça) e isolamento térmico (não ocorrer elevado aumento de temperatura na face não exposta, a valores previamente fixados).

Nem todos os critérios precisam ser satisfeitos em todas as situações, pois o critério depende da natureza do elemento e da função que ele desempenha. Por exemplo, as vigas precisam atender o critério de estabilidade, no entanto, as paredes precisam atender a todos os três critérios.

A norma de ensaio ASTM E-119-95a (*standard test methods for fire tests of building construction and material*) avalia a resistência dos elementos construtivos ou materiais empregados em uma edificação. O índice de resistência é dado em horas ou minutos. Esta norma de ensaio é utilizada para avaliação de elementos construtivos de diversos materiais e não exclusivamente os de madeira. As temperaturas de exposição variam entre 815⁰C e 1038⁰C, APA (1993).

Outra norma também difundida para avaliação de resistência é a ISO 834 – *Fire resistance tests – elements of building construction*.

² GLOSSARY OF FIRE TERMS AND DEFINITIONS – ISOGuide52 (1990). Switzerland. apud MITIDIERI, M. L. (1998). Proposta de classificação de materiais e componentes construtivos com relação ao comportamento frente ao fogo – reação ao fogo. São Paulo. 147p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

É de convenção internacional a adoção dos seguintes referenciais de resistência ao fogo obtidos através do ensaio padronizado por norma (ASTM E119; ISO 834), conforme a tabela 1, a seguir:

TABELA 1- Referencias de resistência ao fogo

R30	30 minutos de resistência
R60	60 minutos de resistência
R90	90 minutos de resistência
R120	120 minutos de resistência
R180	180 minutos de resistência
R240	240 minutos de resistência

Fonte: LANDI (1988) p.466.

A reação dos materiais ao fogo, é avaliada também através dos ensaios padronizados, que caracterizam os materiais segundo:

- a) propagação superficial de chamas.** Mensura o avanço do fogo na superfície do material através do índice de propagação superficial de chamas, obtido por meio de ensaio padronizado. Um dos mais conhecidos é o ASTM E-84-97a (*standard test method for surface burning characteristics of building materials*) no qual um corpo de prova é colocado em uma câmara de ensaio e exposto à chama. O índice é obtido através da comparação entre a propagação de chama sobre o corpo de prova e uma escala de 0 (correspondente ao índice do amianto) a 100 (correspondente ao carvalho vermelho).

Importante notar que a propagação de chamas é uma propriedade da superfície dos materiais, e não da estrutura. A tabela 2, ilustra a classificação dada aos materiais, segundo o *National Building Code* (EUA).

TABELA 2 - Índices de propagação de chamas

classificação	índice
Classe 1	0 a 25
Classe 2	26 a 75
Classe 3	76 a 200

Fonte: APA/ Design/Construction Guide (1986)

Por meio destes valores, os códigos construtivos estabelecem limites para a utilização de certos materiais segundo a classe a que pertencem. Como ilustra o *Basic Nacional Building Code (BNBC) EUA*:

Classe 1- materiais cujo uso é permitido em áreas onde o risco de fogo é mais severo, tais como escadas verticais de prédios públicos.

Classe 2- materiais cujo uso é permitido em áreas de média severidade, como por exemplo corredores de acesso em prédios industriais e comerciais.

Classe 3- materiais cujo uso é permitido em ambientes das mais variadas ocupações, com exceção de hospitais, e alguns tipos de instituições. Alguns materiais desta classe quando submetidos a tratamento, podem vir a ser reclassificados e assim admitidos em locais onde a exigência de resistência ao fogo é maior, o que ocorre com o compensado.

No Brasil, este ensaio é realizado pelo IPT, seguindo a NBR 9442 – *Materiais de construção – ensaio de propagação superficial de chama – método do painel radiante*.

b) combustibilidade. Suceptibilidade de um material se queimar. No Brasil este ensaio é realizado pelo IPT, segundo a norma ISO 1182 – *Fire tests – Building materials: non-combustibility test*.

c) inflamabilidade. Facilidade de um material desprender gases que venham aignizar-se, formando chamas.

d) poder calorífico. Quantidade de calor que o material libera por unidade de peso quando submetido à combustão completa. Por meio deste ensaio pode-se determinar a respectiva quantidade de calor potencial através do método estabelecido pela ISO 1716 – *“Building materials – Detemination of calorific potencia”*, capacitação disponível no Brasil e realizada pelo IPT.

e) densidade ótica específica de fumaça. Mensuração da fumaça produzida por um corpo de prova de uma determinada amostra de material ou produto, por meio de ensaio específico. O ensaio ASTM E 662-95 (*standard test method for specific*

optical density of smoke generated by solid materials) mede a densidade ótica da fumaça gerada por materiais sólidos. Neste ensaio, o corpo de prova é submetido a uma radiação de $2,5 \text{ W/cm}^2$ e a uma queima com chama e a outra sem chama reproduzindo a geração de fumaça. A densidade é medida pela determinação da intensidade de um feixe de luz que atravessa uma atmosfera de fumaça, KATO (1988a).

f) toxicidade da fumaça. Os gases tóxicos produzidos em um incêndio não levam apenas à intoxicação e asfixia, eles também provocam lesões na via respiratória através de sua composição e temperaturas elevadas.

Alguns dos produtos tóxicos nocivos conhecidos, produzidos durante um incêndio são SEITO (1988a):

- **Monóxido de carbono (CO).** Apresenta-se em grande quantidade em qualquer incêndio, e é produzido por materiais orgânicos. Quando inalado, causa asfixia pela combinação com a hemoglobina numa reação reversível para formar carboxihemoglobina (COHb). Ocorre a redução no fornecimento de oxigênio, e esta anoxia não cessa com a respiração de ar fresco, como ocorre no asfixiamento simples. Dose letal: 0,4% para 1 hora de exposição; 1,3% durante poucos minutos.
- **Gás carbônico (CO₂).** É produzido por todos os materiais orgânicos, a inalação de gás carbônico estimula a respiração e isto aumenta a inalação de oxigênio, gases tóxicos e vapores produzidos pelo incêndio, esta estimulação é pronunciada em concentrações acima de 5% e após 30 minutos. Os efeitos são a respiração ofegante e dilatação dos pulmões. Dose letal: 10% durante poucos minutos.

A correta qualificação e quantificação dos gases desprendidos numa situação de incêndio ainda não possui um método preciso de avaliação.

1.3 A PREVENÇÃO E A PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO

Considerando as informações de literaturas que tratam sobre a segurança contra incêndio e o cruzamento das informações produzidas pelos autores: SEITO (1988); BERTO & LIMA, (1988), BERTO (1991) e JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (1984) foi elaborado um fluxograma (Figura 2) contendo os aspectos envolvidos no controle e segurança das edificações de madeira, que se traduz como ferramenta para análise e elaboração de projetos contemplando a segurança contra incêndio.

O fluxograma da figura 2, apresenta dois aspectos a serem observados durante a elaboração de projetos em madeira visando a segurança contra incêndio e que se traduzem em sistema de prevenção e sistema de proteção.

1.3.1 – A prevenção contra incêndio

A prevenção deve ser associada à precedência de um incêndio e envolve aspectos materiais e culturais, que passam pela conscientização dos usuários, controle de materiais, controle das fontes de calor, tratamento da madeira e adequado dimensionamento das instalações elétricas.

1) A conscientização dos usuários.

A educação dos usuários é fundamental, ela se manifesta através de hábitos relacionados ao uso, à manutenção e até à conduta das pessoas, durante a ocorrência do incêndio. Mas estes cuidados não se limitam somente à habitação, eles também devem considerar a utilização de equipamentos e a execução das atividades diárias.

Para tal, o usuário deve ser conscientizado dos riscos e procedimentos a serem tomados, principalmente considerando que uma habitação de madeira requer cuidados de manutenção e uso diferentes dos dispensadas a uma edificação em alvenaria, às quais estamos mais familiarizados.

2) Controle dos materiais.

As medidas preventivas partem da simples escolha dos materiais empregados na construção. O projetista deve considerar a escolha de materiais com características menos inflamáveis utilizadas na edificação e estas considerações também devem ser estendidas aos elementos decorativos (papel de parede, cortinas, carpetes, peças decorativas de madeira trabalhada em ambiente interno e externo) o próprio mobiliário e os materiais de revestimento da edificação.

3) controle das fontes de calor.

Considerando que a origem de um incêndio está relacionada à presença de fogo, o controle das fontes de calor e iluminação são bastante eficazes para minimizar os riscos de um incêndio. Isto se traduz com atenção ao simples posicionamento destes objetos, por exemplo, em uma cozinha feita de madeira o fogão deve ser mantido afastado das paredes, as quais preferivelmente devem ser revestidas por material incombustível. O mesmo princípio, com outros procedimentos, se aplica à iluminação (velas, lâmpadas) que também gera energia calorífica.

4) O tratamento da madeira.

O tratamento da madeira é considerado uma medida preventiva, pois suas propriedades frente ao risco inicial de um incêndio podem ser melhoradas por meio de revestimentos, tintas e impregnação de produtos à vácuo-pressão.

O princípio dos tratamentos se baseia no conhecimento de que à temperaturas abaixo de 200°C, a redução da degradação térmica da madeira é geralmente obtida pelo isolamento da madeira ou fonte de calor. Acima de 200°C, o processo de degradação térmica por pirólise, combustão flamejante e combustão incandescente, estão sujeitos à inibição ou alteração através da atuação de produtos químicos adequados, os produtos ignífugos.

FIGURA 2. Fluxograma : Aspectos a serem observados para o controle de incêndio em edificações de madeira

A madeira tratada com produtos ignífugos³ não deve propagar chamas ou contribuir para sua própria combustão, quando exposta às altas temperaturas, deve apenas carbonizar até se decompor, IPT (1986).

Este tratamento é utilizado com a finalidade de reduzir os efeitos prejudiciais do fogo na madeira. Foi originalmente utilizado pelos romanos no primeiro século antes de Cristo, os quais usavam soluções de vinagre e alúmen para retardar o crescimento de chamas. Na Europa, tratamentos retardantes de fogo foram objeto de considerável experimentação entre 1625 e 1800.

Os retardantes de fogo são classificados em dois tipos, quanto a forma de aplicação: impregnação e recobrimento

a) Impregnação

A impregnação é um eficiente recurso de tratamento, no qual o uso de sais atua principalmente no incremento da carbonização e decréscimo da formação de alcatrão e gases voláteis.

No entanto, alguns cuidados devem ser considerados: A madeira impregnada contra o fogo é mais higroscópica do que a madeira não impregnada. Devido a esta propriedade, é necessário que antes de ser colada ou pintada, ela esteja bem seca; os sais de impregnação lhe conferem um caráter corrosivo cuja intensidade depende do tipo e quantidade de sais utilizados; e sofre lixiviação lenta. REVISTA DA MADEIRA (1981).

Os sais utilizados na impregnação são: boráx, fosfato de amônia, ácido bórico, fosfato de sódio, ácido fosfórico, sulfato de amônia e os cloretos de zinco e magnésio. Com exceção do cloreto de zinco, os sais para impregnação não são tóxicos o bastante para proteger a madeira do ataque de insetos ou fungos.

Dentre as desvantagens do uso da madeira impregnada está o elevado custo do tratamento e as restrições para uso em ambiente externo, devido à lixiviação, que ocorre lentamente. Também deve ser levado em conta que o tratamento à base de

³ Produtos químicos que visam impedir o processo de combustão da madeira

sais torna a madeira corrosiva a determinados metais, como o ferro, e que a penetração dos produtos químicos na madeira depende da espécie de madeira, de sua estrutura e do teor de umidade nela contido.

b) Aplicações de superfície, tintas e recobrimentos.

Consiste em aplicar uma camada retardante na superfície da madeira, impedindo que o material em contato com as chamas atinja a temperatura de ignição e aumente a velocidade de propagação de chamas.

O uso destes produtos pode reduzir em até 75% a possibilidade de propagação da chama e apresentam a vantagem de poderem ser aplicados em edificações já construídas.

Os dois tipos de produtos aplicados em superfície são: os produtos intumescentes e os não intumescentes.

- Intumescentes. Recobrimentos orgânicos que sob a ação do calor se expandem, formando uma camada de baixa densidade isolando a madeira das altas temperaturas da chama.
- Não intumescentes. Recobrimentos superficiais que impedem o contato da chama com a madeira. Incluem em suas formulações os sais solúveis à água, tais como o boráx, FOREST PRODUCTS LABORATORY (1999).

Os retardantes de fogo agem da seguinte forma:

- cria-se uma camada líquida ou vítrea, formando uma barreira que impede a troca de ar e produtos inflamáveis na zona de combustão;
- formam coberturas ou espumas que isolam a superfície e retardam a pirólise pela interceptação do ar;
- aumenta-se a condutibilidade térmica permitindo a dissipação de calor mais rápida do que é fornecido pela fonte de ignição e
- criam-se modificações químicas e físicas que absorvem o calor.

Quanto a toxicidade da fumaça resultante da madeira tratada com produtos ignífugos, HOLMES (1974) considera que a madeira tratada também produz fumaça, mas não há evidências de que os produtos liberados pela combustão da madeira tratada com retardantes de fogo sejam mais tóxicos do que os produtos resultantes da madeira não tratada, e aponta para a necessidade de estudos em busca da maior compreensão sobre os efeitos da utilização de componentes orgânicos como retardantes de fogo.

Alguns retardantes de fogo apresentam grande redução no desenvolvimento de fumaça e a formação de gases tóxicos pode ocasionalmente ser previsível a partir da decomposição química da formulação dos produtos retardantes de fogo, por exemplo, aqueles produtos que contém cloro em sua formulação podem produzir gás clorídrico, HOLMES (1977).

Sobre este assunto KATO (1988a) considera que o aumento de tratamentos químicos, incluindo os retardantes de fogo, podem alterar as características da fumaça gerada, tais como a concentração e a toxicidade. Acrescenta ainda que esta é uma preocupação recente dos órgãos de pesquisa.

Considerando o desempenho dos produtos ignífugos na construção, os retardantes devem ter as seguintes características (TONISSI, 1985, p.16):

- “retardarem o processo de combustão;
- aderirem bem à madeira;
- não reduzirem a resistência das peças;
- não terem efeito danoso sobre os outros materiais a serem usados em conjunto com a madeira;
- não serem tóxicos para os homens e animais;
- não desenvolverem gases nocivos quando afetados pelo fogo;
- não favorecerem o desenvolvimento de fungos e
- serem econômicos e de fácil aplicação”.

5) Adequado dimensionamento das instalações elétricas.

Dados fornecidos pelo Anuário Estatístico do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (ver Figuras 3a e 3b) referentes aos anos de 1996-2000, apontam como a principal causa de incêndio o curto circuito, fato associado ao incorreto dimensionamento das instalações elétricas.

A constância de problemas relacionados às instalações elétricas, justificam os cuidados a serem considerados na fase de projeto, com o correto dimensionamento da fiação e cargas, boa execução das instalações, emprego de componentes confiáveis e possibilidade de futuras ampliações.

Em edificações de madeira, além dos cuidados mencionados, é importante que toda a fiação elétrica esteja afastada do contato direto com as superfícies de madeira, através do uso de condutores elétricos com auto extinção ao fogo, evitando que o aquecimento da fiação ou um possível curto-circuito provoque a combustão da madeira.

1.3.2 – A proteção contra incêndio.

As medidas de proteção contra incêndio consideram o incêndio já instalado na edificação e atuam de modo a minimizar os danos que este possa causar à edificação; salvaguardar a vida dos usuários; evitar que o incêndio atinja proporções incontroláveis; evitar conflagrações e possibilitar o combate ao incêndio.

Se baseiam principalmente em aspectos de projeto arquitetônico, detecção e confinamento do fogo, através: de sistemas de alarme e de detecção de fumaça e fogo, extintores de incêndio, disposição de meios de comunicação de emergência com a brigada de incêndio, disposição de acessos para os equipamentos de combate a incêndio, caracterização da ocupação, ventilação, rotas de fuga, dimensionamento estrutural, barreiras arquitetônicas e separação espacial entre edificações.

FIGURA 3a. Principais causas de incêndio em edificações com estrutura de madeira no Estado de São Paulo.

Fonte: ANUÁRIO ESTATÍSTICO. Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo, São Paulo 1996-2000, anual. (consultar anexo1a)

FIGURA 3b. Principais causas de incêndio em edificações no Estado de São Paulo.

Fonte: ANUÁRIO ESTATÍSTICO. Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo, São Paulo 1996-2000, anual. (consultar anexo1b)

1) sistema de alarme e de detecção de fumaça e fogo.

A utilização de sistemas de alarme e detecção de fumaça e fogo em edificações residenciais no Brasil, não é uma prática comum. Porém, considerando a suscetibilidade da ignição da madeira, este recurso poderia ser adotado em residências multifamiliares, ou superiores a dois andares. No Canadá, por exemplo, alarmes de incêndio são requeridos em edificações de ocupação residencial, quando estas apresentarem acomodações para mais de 10 pessoas ou quando possuírem mais de três andares.

O Código construtivo Canadense neste caso estabelece para estas edificações residenciais em madeira, que não contenham sistema de chuveiros automáticos (*sprinklers*), a área máxima dos ambientes seja de 100,00m² e a maior distância a ser percorrida para a saída seja inferior a 15,00 metros. Caso seja adotado sistema de chuveiros automáticos, a área do ambiente pode atingir os 150,00 m².

2) extintores de incêndio.

Os extintores são equipamentos utilizados para o combate imediato e rápido de pequenos focos de incêndio. São fabricados em vários tamanhos e tipos, cada um para atender a uma ou mais classes de incêndio:

Classe A. sólidos inflamáveis, ex: madeiras em geral (móveis, revestimentos) tecidos (cortinas e similares) papéis e demais sólidos inflamáveis.

Extintor de água pressurizada: o cilindro contém gás e água sobre pressão que, após o acionamento do gatilho, é expelida tornando a temperatura do objeto ignizado inferior ao ponto de ignição.

Extintores de espuma: podem, eventualmente, serem utilizados para combate a incêndios de classe A e B, estes consistem em uma liberação de espuma resultante da mistura de água com sulfato de alumínio e água, bicarbonato de sódio e alcaçuz.

Classe B e C. Líquidos inflamáveis e equipamentos elétricos. Ex. gasolina, álcool e derivados de petróleo; quadros e chaves elétricas energizadas, tomadas e componentes elétricos em geral, respectivamente.

Extintor de pó químico seco: é indicado para classe de incêndio tipo B mas pode ser utilizado em incêndio tipo C. No interior do cilindro existe um composto químico em pó, (bicarbonato de sódio) com um gás propulsor (dióxido de carbono ou nitrogênio). Ao entrar em contato com as chamas, o pó se decompõe, isolando rapidamente o oxigênio necessário à combustão e extinguindo o fogo por abafamento.

Extintor de gás carbônico, CO₂: é indicado para incêndio tipo C, mas pode ser utilizado em incêndio tipo B. O interior do cilindro contém dióxido de carbono (agente extintor não tóxico e não condutor de eletricidade) que recobre o fogo em forma de uma camada gasosa, isolando o oxigênio necessário à combustão, extinguindo o fogo por abafamento.

Classe D. Elementos químicos pirofóricos⁴: magnésio, zircônio, titânio, alumínio em pó etc. Para o combate a este tipo de ocorrência é utilizado um extintor de pó químico especial que age através de abafamento.

A presença de extintores de incêndio, tal qual os sistemas de alarme e detecção, não são comumente encontrados em uso residencial. Porém este equipamento utilizado em edificações de madeira aumenta as condições de segurança para os moradores e para a propriedade, através do combate rápido de um eventual foco de incêndio, impedindo assim que ele tome grandes proporções resultando em maiores perdas ou possibilitando o controle do incêndio até a chegada da equipe de bombeiros.

3) disposição de meios de comunicação de emergência com a brigada de incêndio.

Uma vez detectado o incêndio as chances de extingui-lo sem danos à vida dos moradores e à integridade da propriedade serão maiores, caso o combate ao

⁴ Pirofórico: significa que a combustão destes materiais se inicia espontaneamente no ar.

incêndio ocorra no menor tempo possível. Para isto, o contato com o corpo de bombeiros através de telefone (público, móvel ou particular) ou alarme de incêndio deve ser o mais breve possível.

Caso o incêndio ocorra em um conjunto habitacional, a distância para se atingir este meio de comunicação não deve ser superior a 200,00 m, BERTO (1988).

4) disposição de acessos para os equipamentos de combate a incêndio.

Uma vez acionada a brigada de incêndio, é necessário que os automóveis e equipamentos de combate ao incêndio cheguem à habitação ou habitações por vias de acesso desobstruídas e que permitam a manobra dos veículos. Neste sentido, BERTO (1988) estabelece as seguintes características para as vias de acesso:

- Largura livre superior ou igual a 6,00 m (caso a via de acesso não tenha saída, este valor deve ser superior a 7,00 m);
- Mudança de direção com concordância em curva com raio interno inferior ou igual a 6,00 m;
- Inclinação das rampas igual ou inferior a 6% e
- Distância dos caminhos de acesso à fachada da habitação deve ser inferior ou igual a 30,00 m.

5) caracterização da ocupação.

É facilmente compreensível que determinados tipos de uso representem maiores riscos de incêndio, devido as atividades que nele são desenvolvidas. No entanto, é possível compatibilizar as diferentes funções desempenhadas pelas edificações com a redução de incidentes, através do projeto arquitetônico e estrutural, assim como através da adoção de medidas de segurança contra incêndio, levando em conta os riscos potenciais que a edificação apresenta.

As exigências de proteção e regulamentações construtivas presentes nos códigos construtivos levam em consideração entre outros, o tipo de uso da edificação (consultar Anexo 3 e 4). Em edificações de uso residencial unifamiliar, estas

exigências de proteção se traduzem mínimas. No entanto, o volume de ocorrências de incêndios neste tipo de utilização é considerável, não podendo ser ignorado.

Se desconsiderarmos as ocorrências de incêndio em áreas rurais apresentadas no gráfico (Figura 4) de porcentagem de ocorrência de incêndios relacionados ao tipo de ocupação (ocorrências no Estado de São Paulo) pode-se notar que no total de ocorrências urbanas (47,57%) os incêndios residenciais representam aproximadamente 32%, seguido pelas ocorrências de incêndios em indústrias (6,57%).

FIGURA 4. Gráfico: Incêndios x tipo de ocupação

Fonte: ANUÁRIO ESTATÍSTICO. Corpo de bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo, 13^oGi, São Paulo 1995-1997, anual. (consultar anexo 2)

A grande porcentagem de incêndios em edificações residenciais não deve ser unicamente atribuída ao tipo de ocupação, mas a um conjunto de fatores que contribuem para tal, como por exemplo: ausência de sistemas de combate a incêndio, a falta de conscientização dos usuários, a quantidade de edificações residenciais em valores absolutos etc.

Todavia estes números são relevantes pois atrás destas ocorrências estão implícitas as perdas materiais e de vidas.

6) ventilação.

A maior causa de mortes em incêndios se deve a fumaça, que é composta por partículas em suspensão, gases aquecidos, e vapores. Além de causar mortes, a fumaça dificulta a visualização do ambiente atrapalhando a fuga, o resgate das vítimas e o combate ao incêndio. Por isso um bom sistema de ventilação deve ser concebido na fase de elaboração do projeto da edificação e considerar os meios mecânicos e automáticos de exaustão da fumaça acumulada nas partes superiores dos ambientes (Figura 5).

FIGURA 5. Ventilação residencial.

Fonte: JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (1984) Manual de diseño para maderas del grupo andino, p.6-51.

7) rotas de fuga.

As rotas de fuga visam conduzir os ocupantes da edificação a uma evacuação rápida e segura. Para isto, as edificações devem ter um número mínimo de saídas, que possam ser alcançadas no menor trajeto possível, que devem permanecer continuamente desbloqueadas e, sempre que possível, estarem longe das fontes de calor.

Para cumprir sua tarefa, a previsão de rotas de fuga deve considerar os seguintes aspectos:

- O número de saídas;

- As distâncias de percurso;
- Localização das saídas e
- Sinalização das saídas de emergência.

Em casos específicos de edifício de vários andares com grande aglomerado de pessoas é necessária a sinalização das saídas de emergência.

BERTO (1988) considera que as residências devem ter em todos os cômodos (exceto banheiros) pelo menos duas saídas, uma das quais pode ser uma janela. E que toda a habitação com mais de 40,00 m² de área deve ser dotada de duas portas para o exterior, com largura mínima livre de 70 cm.

8) dimensionamento estrutural.

Diferente de outros materiais, a resistência mecânica da madeira aumenta com a perda da umidade durante o processo de combustão, perdendo resistência somente em função de sua destruição progressiva. A má condutibilidade térmica da madeira, impede a expulsão rápida de maior parte dos gases combustíveis, promove sua lenta combustão e formação de uma camada superficial de carvão que atua como isolante térmico, protegendo as camadas interiores da exposição a elevadas temperaturas, retardando sua destruição.

Segundo a JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (1984) a média de penetração da chama em uma madeira com massa específica 480 Kg/m³ e 7% de conteúdo de umidade, é de 37,5 mm/h. Seguindo os procedimentos de ensaio ASTM E119, ela levará cerca de dois minutos para entrar em ignição, nos primeiros 8 minutos manterá uma velocidade de carbonização média de 0,83 mm/min, e esta camada carbonizada atuará como isolante térmico retardando a combustão e diminuindo a velocidade de carbonização para a média de 0,63 mm/min.

Considerando o efeito de carbonização, pesquisas sobre o fogo na madeira têm atingido o estágio no qual o desempenho estrutural pode ser previsto com satisfatória exatidão através de projeto envolvendo método de cálculo, no qual é avaliado o período de resistência da madeira exposta ao fogo. O que possibilita ao projeto estrutural, o dimensionamento de elementos estruturais com um volume

adicional de madeira (madeira de sacrifício) para atingir o tempo de resistência requerido (30, 60, 180 minutos).

9) barreiras arquitetônicas

São recursos previstos em projeto e implementados na fase construtiva que visam aumentar a proteção dos elementos ou componentes construtivos da edificação quando expostos à condição de incêndio, impedindo que a falência ou destruição destes colabore para a propagação do incêndio e comprometa a segurança dos usuários e a integridade da propriedade. São localizadas entre elementos e/ou componentes, entre ambientes e entre edificações.

Os exemplos de barreiras arquitetônicas apresentados a seguir são baseados em dois sistemas construtivos muito difundidos internacionalmente: o sistema entramado e construção de madeira maciça.

a) Entre elementos e/ou componentes

O sistema entramado, seja ele balão ou plataforma, possibilita a existência de muitos vazios entre os elementos construtivos e estes vazios proporcionam a movimentação de gases e chamas que, levados pelo movimento do ar, atingem outros cômodos do edifício, propagando o fogo. Devido a isto, tradicionalmente vários códigos construtivos prevêm meios para aumentar a segurança destas construções: dispositivos corta-fogo (*firestops*) e barreira de proteção contra fogo (*draftstops*).

Dispositivos corta-fogo (*firestops*). São materiais cuja função é impedir a passagem de chamas e gases através de aberturas relativamente pequenas entre os elementos e/ou componentes da edificação, localizados comumente em pisos, paredes e escadas. Segundo a CSR MEDIUM DENSITY HOUSING (s/d) os materiais usualmente empregados na confecção destes dispositivos são:

- Madeira, $e=38$ mm ou $2/19$ mm;

- Compensado, *waferboard*⁵, OSB⁶, todos com espessuras superiores a 12,50 mm;
- Placas de gesso acartonado, com espessuras superiores a 12,70 mm;
- Lã de rocha.

Muito embora a utilização, localização e formato dos dispositivos corta-fogo sejam variáveis segundo as especificações de códigos construtivos locais, de um modo geral eles estão presentes em:

- Forros (Figura 6) vão de passagem de dutos e chaminés (Figura 7) paredes (Figura 8) escadas (Figura 9). Nas ilustrações das figuras 8 e 9, os dispositivos corta-fogo são destacados pela indicação (1).

FIGURA 6. Dispositivo corta-fogo aplicado ao forro.

Fonte: WESTERN WOOD PRODUCTS ASSOCIATION (1985) p.18.

FIGURA 7. Dispositivo corta-fogo aplicado em área de passagem de dutos.

Fonte: WESTERN WOOD PRODUCTS ASSOCIATION (1985) p.19.

⁵ Painel obtido através da prensagem de partículas de formato quadrado ou ligeiramente retangular em disposição aleatória e com o uso de resina.

⁶ Painéis de partículas estruturais finas e compridas de madeira, orientadas paralelamente ao longo da direção do painel e prensadas com resinas fenólicas. É considerado a segunda geração de painéis de partícula *Waferboard*. Suas principais aplicações são em forros, paredes, vigas estruturais. Diferem do *waferboard* por terem partículas mais longas e estreitas.

FIGURA 8. Dispositivos corta-fogo aplicado em parede divisória de edificação de múltiplos andares.

Fonte: Canadian Wood Council (1996) p.190.

FIGURA 9. Dispositivo corta-fogo aplicado em topo de escada.

Fonte: Canadian Wood Council (1996) p.191.

Barreiras de proteção contra fogo (*draftstops*). São dispositivos cuja função é impedir a movimentação do ar, fumaça, gases e chamas entre os vários ambientes da edificação, ocasionadas por aberturas amplas, tais como áticos e vãos entre forros falsos, CANADIAN WOOD COUNCIL (1996).

Os materiais comumente utilizados para confecção destes dispositivos são:

- Placas de gesso acartonado $e \geq 1/2"$;
- Compensado $e \geq 1/2"$ e
- Qualquer material previamente aprovado capaz de manter sua estabilidade sob a ação do fogo.

Segundo a entidade americana, WESTERN WOOD PRODUCTS ASSOCIATION (1985) as barreiras físicas são previstas nos seguintes locais:

- Em residências unifamiliares, devem ser colocados paralelamente à peça principal do entramado de madeira que sustenta o forro, dividindo estes espaços em duas ou mais seções com áreas inferiores a $46,45\text{m}^2$ (Figura 10);

- Em edificações de múltiplos andares com outros tipos de ocupação, estes dispositivos devem ser colocados nos vãos entre as vigas de sustentação do piso, subdividindo em seções com áreas inferiores a 92,90 m² (Figura 11);
- Nos áticos de edificações unifamiliares não há exigência de utilização de barreiras físicas. Porém, em edificações multifamiliares, hotéis e motéis, são previstos em áticos (subdividindo estes espaços em áreas inferiores a 278,70 m²) beirais e mansardas (Figura 12) e
- Caso a edificação seja um hotel, motel ou residência multifamiliar, a parede divisória entre os moradores ou inquilinos deve se estender até o ático (espaço livre entre a última laje ou forro e a cobertura).

FIGURA 10. Barreira colocada paralelamente à peça de sustentação do forro

Fonte: WESTERN WOOD PRODUCTS ASSOCIATION (1985) p.20.

FIGURA 11. Subdivisão de área entre as vigas de sustentação do piso

Fonte: WESTERN WOOD PRODUCTS ASSOCIATION (1985) p.20.

A utilização de dispositivos corta-fogo e barreiras físicas são um dos meios de se atender às exigências de segurança para habitações em madeira previstas nos códigos. Porém, estes não são os únicos recursos a serem tomados. Outros fatores a serem considerados são: número de ruas as quais faceia, a área construída, o número de andares e a presença de chuveiros automáticos entre outros.

FIGURA 12. Barreira de proteção contra fogo em áticos e beirais

Fonte: WESTERN WOOD PRODUCTS ASSOCIATION (1985) p.20.

b) Entre ambientes.

Uma vez iniciado o incêndio, é necessário evitar que ele se propague para os demais cômodos da edificação. Este confinamento do fogo em seu local de origem caracteriza a chamada compartimentação do ambiente. Em edificações de madeira, térreas ou assobradadas é recomendado que as paredes internas possuam resistência a incêndio pelo período mínimo de 30 minutos, enquanto as paredes externas e paredes comuns entre duas edificações contíguas apresentem resistência mínima de 1 hora.

Para que os painéis de madeira atinjam a resistência requerida, são utilizados materiais de revestimento incombustíveis. Entre eles se destacam o gesso e fibras minerais. A Junta del acuerdo de Cartagena apresenta os seguintes valores (Tabela 3) de resistências para painéis de gesso:

TABELA 3.- Tempo de resistência associado a painéis de revestimento

Descrição	Tempo (min.)
Painel de gesso e= 9,5 mm	10
Painel de gesso e= 12,7 mm	15
Painel de gesso e= 15,9 mm	30
Duplo painel de gesso e= 12,7 mm	40

Fonte: JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (1984) Manual de diseño para maderas del grupo andino, p.6-56

c) Entre edificações

Tem a finalidade de impedir que um incêndio em uma edificação se propague para outra vizinha. Neste caso, se as edificações estiverem contíguas, estas barreiras devem possuir resistência e permanecer estáveis até que o incêndio tenha sido sufocado, mantendo sua estabilidade, estanqueidade e isolamento térmico.

Como será comentado no Capítulo 3, alguns códigos exigem que estas paredes se prolonguem para além da cobertura, bloqueando a livre passagem das chamas. Em caso de edificações do tipo geminada ou sem afastamento uma das outras, esta parede deve se projetar para além da fachada.

d) separação espacial entre edificações.

Nesta situação, a edificação é analisada dentro do lote. Caso haja afastamento entre as edificações, ou seja, recuos laterais, a distância entre as edificações será determinada levando-se em consideração a necessidade de se evitar a conflagração do incêndio, que pode ocorrer através da liberação de radiação térmica, através de chamas provenientes de aberturas das fachadas (Figura 13) ou através de pequenos corpos ou fagulhas que são projetados ou levados pela fumaça e gases por via aérea, vindo assim a atingir outras edificações.

Para isto devem ser estabelecidas distância seguras de separação entre as habitações em função da área e dimensões das aberturas da fachada. pois a madeira , caso seja exposta a uma radiação de intensidade suficientemente alta, se ignizará espontaneamente.

FIGURA 13. Separação espacial entre edificações

Fonte: JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (1980) Cartilla de construccion con madera, p.12-8.

A JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (1984) em seu *Manual de diseño para maderas del grupo andino*, propõe as seguintes medidas de separação entre edificações (Tabela 4). As medidas levam em consideração a área de fachada, a proporção entre suas medidas (largura e altura) e os vão sem proteção que correspondem às aberturas.

TABELA 4.- Distância limite entre edificações

Superfície de fachada exposta ao fogo		Área de vão sem proteção (%)											
		Afastamento de proteção (m)											
		< 1,2	1,2	1,5	2,0	2,5	3	4	5	6	7	8	9
m ²	l/h ou h/l												
10	< 3:1	0	8	10	18	29	46	91	100				
	3:1 a 10:1		8	12	21	33	50	96	100				
	>10:1		11	18	32	48	68	100					
15	< 3:1	0	7	9	14	22	33	63	100				
	3:1 a 10:1		8	10	17	25	37	67	100				
	>10:1		10	15	26	39	53	87	100				
20	< 3:1	0	7	9	12	18	26	49	81	100			
	3:1 a 10:1		8	10	15	21	30	53	85	100			
	>10:1		9	14	23	33	45	72	100				
25	< 3:1	0	7	8	11	16	23	41	66	98	100		
	3:1 a 10:1		8	9	13	19	26	45	70	100			
	>10:1		9	13	21	30	49	62	90	100			
30	< 3:1	0	7	8	11	15	20	35	56	83	100		
	3:1 a 10:1		7	9	12	17	23	39	61	88	100		
	>10:1		8	12	19	27	36	56	79	100			
40	< 3:1	0	7	8	10	13	17	28	44	64	89	100	
	3:1 a 10:1		7	8	11	15	20	32	48	69	93	100	
	>10:1		8	11	17	24	31	47	66	88	100		
50	< 3:1	0	7	8	9	12	15	24	37	53	72	96	100
	3:1 a 10:1		7	8	10	14	18	28	41	57	77	100	
	>10:1		8	10	14	20	25	38	51	67	85	100	
60	< 3:1	0	7	8	9	11	14	21	32	45	62	81	100
	3:1 a 10:1		7	8	10	13	16	35	36	49	66	85	100
	>10:1		8	10	14	20	25	38	51	67	85	100	

Fonte: JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (1984) Manual de diseño para maderas del grupo andino, p.6-59.

1.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A participação da madeira na construção habitacional no Brasil, ainda que pouco expressiva, não pode ser ignorada, o que a mantém como alvo de estudos e pesquisas. Se considerarmos seu uso de modo mais intenso, este deve estar associado a regulamentações que sejam respaldadas por pesquisas que a tornem tecnicamente adequada a este propósito, que estabeleçam um nível de qualidade mínimo a ser atingido, e possibilite a avaliação de desempenho do produto final.

A errônea associação da madeira a um caráter de precariedade e a material desqualificado para compor moradias, somente pode ser superada através de seu uso racional. De modo particular, dentre os questionamentos relacionados ao uso da madeira na construção de moradias, a questão da segurança contra incêndio se mostra como vasto campo de pesquisas no Brasil e uma lacuna de conhecimento a ser preenchida, contribuindo para torná-la uma matéria-prima melhor aceita na composição de sistemas construtivos.

Tendo como alvo a segurança contra incêndio, este objetivo deve estar presente em todas as etapas envolvidas no processo de produção e utilização da edificação. Porém, de modo especial, a fase de projeto é destacada por várias literaturas como o momento crítico para seu estabelecimento, fase na qual podem ser usados recursos que possibilitem a prevenção e a proteção contra incêndio.

O questionamento sobre a segurança contra incêndio em habitações de madeira no país, atualmente, não pode ser respondido satisfatoriamente fazendo uso de nossos próprios esforços em pesquisas, tecnologia e regulamentações. Observando experiências de outros países onde a utilização da madeira assume grau de paridade com materiais de construção ditos como incombustíveis, (alvenaria de tijolos, concreto, aço) paridade alcançada através da regulamentação de sua utilização, podemos considerar que é possível atingir o grau de segurança satisfatório e aceito por padrões internacionais e que existem meios para ser atingido, bastando para isto maior empenho em pesquisas e tecnologia na área.

CAPÍTULO 2 – O Estudo dos incêndios

Este capítulo se propõe a fornecer conhecimentos básicos para a compreensão do processo de degradação térmica da madeira e a evolução dos incêndios a partir de estudos científicos iniciados na segunda metade século XX.

2.1- A COMBUSTÃO DA MADEIRA

O fogo é uma combustão¹ que ocorre de forma violenta e auto-sustentada. Para que ocorra o fogo é necessária a presença simultânea dos seguintes elementos: o calor (faísca, chama, radiação térmica), o combustível (ex. madeira) e o comburente (oxigênio). Quando estes três elementos se apresentam em um determinado ambiente, sob condições propícias (reação) surge o fogo.

A combustão da madeira envolve uma complexa série de transformações não somente físicas como reações químicas. A madeira (Figura 14) é um combustível sólido, composto com aproximadamente 85% de materiais voláteis liberados durante o processo de pirólise².

¹ Processo em que duas ou mais substâncias reagem com evolução de calor, luz e produtos residuais.

² Piro- fogo; lise- quebra

É importante notar que somente em casos especiais ela entra em combustão diretamente. Em condições normais a madeira primeiro se decompõe por pirólise em produtos voláteis e combustíveis que, após a ignição, irão formar chama na superfície.

FIGURA 14. Corte transversal de uma tora de madeira

Fonte: TAYLOR, G. (1980) p.15.

Casos específicos nos quais a madeira entra em combustão diretamente, IPT (1986):

- Se a superfície sofrer irradiação de calor intensa em frações de segundo, podemos dizer que a madeira entrou em combustão direta;
- Se o pó de madeira seca estiver suspenso no ar, em proporção que garanta a presença de oxigênio suficiente para sua combustão.

Como o poder calorífico da madeira é baixo, variando de 0,4 a 0,7 kcal/kg °C, não é necessária grande quantidade de calor para se alcançar a temperatura para o início de formação da fase gasosa (150°C). No entanto, não se pode garantir uma queima uniforme da madeira, visto que seu coeficiente de condutibilidade calorífica interna é baixo no sentido normal às fibras, correspondendo à metade do sentido longitudinal. Isto a caracteriza como bom isolante térmico.

Alguns fatores influenciam o comportamento da madeira ante o fogo:

- Alto conteúdo de umidade dificulta o processo de combustão porque o vapor resultante baixa a temperatura da área de combustão (a madeira se resfria pois cede energia para a evaporação da água), reduz a quantidade de oxigênio (os espaços vazios são ocupados com vapor d'água) e retarda a ignição;

- O baixo peso específico facilita a ignição, devido a maior quantidade de massa exposta;
- As seções maiores quando expostas ao fogo, promovem uma superfície carbonizada isolante;
- Quanto maior a superfície exposta a ação do fogo, maior será a propagação superficial das chamas.

2.2- FASES DE DEGRADAÇÃO TÉRMICA DA MADEIRA

Como composto natural, a madeira possui ligações carbono-carbono, carbono-oxigênio e carbono-hidrogênio, que são quebrados através de aquecimento, convertendo madeira maciça em gases. As figuras 15 (a-e) ilustram a seqüência da combustão da madeira.

FIGURA 15a. Madeira serrada intacta

FIGURA 15b. Pirólise

FIGURA 15c. Combustão flamejante da madeira

Para que ocorra a combustão na madeira é preciso que ocorram simultaneamente as fases descritas a seguir. A interferência em uma ou mais destas fases pode impedir ou retardar a combustão (AGUILLAR, 1986, p.10):

- A madeira é aquecida até o ponto de decomposição;
- A madeira se decompõe em gases inflamáveis e
- A chama se propaga através dos gases inflamáveis.”

As fases de degradação térmica da madeira são: pirólise lenta, pirólise rápida, combustão flamejante, combustão incandescente

FIGURA 15d. Combustão incandescente da madeira

FIGURA 15d. Resíduo da combustão incompleta da madeira: fumaça.

2.2.1- Pirólise lenta

A pirólise lenta da madeira é a reação de decomposição térmica que ocorre em temperatura abaixo de 200°C, lentamente e de forma constante. Durante a pirólise as substâncias constituintes da madeira são transformadas em compostos de reduzido peso molecular.

Quando a madeira é aquecida, o primeiro efeito é endotérmico, ou seja, ocorre o ganho de energia com desprendimento de água absorvida por higroscopicidade.

Este processo continua mesmo com temperaturas acima de 200°C, bem acima do ponto de ebulição da água, em parte devido ao fato das moléculas da água estarem firmemente ligadas aos grupos de hidroxilas da madeira e também porque parte da água eliminada é formada pela decomposição dos carboidratos, GOLDSTEIN (1973) apud AGUILLAR³ (1986).

Os gases liberados durante a pirólise lenta à baixa temperatura não são inflamáveis, predomina o vapor d'água, dióxido de carbono, e traços de ácidos orgânicos, HOLMES (1977) apud AGUILLAR⁴ (1986).

2.2.2- Pirólise rápida

A pirólise rápida ocorre em temperaturas que variam dentro do intervalo de 260°C a 360°C, com a liberação de gases inflamáveis tais como monóxido de carbono, metano, formaldeído, ácido fórmico, ácido acético, metanol, alcatrões e fragmentos aromáticos.

³ GOLDSTEIN, I.S. (1976). Technological aspects of fire-retardants. PROCEEDINGS – American wood preserver's association, 72, p. 149-156 apud AGUILLAR, D. (1986). Combustibilidade e tratamento ignífugo da madeira. São Carlos, 99p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

⁴ HOLMES, Carlton A. (1977). Effect of fire-retardant treatments on performance properties of wood. Wood technology: chemical aspects, p. 82-106 apud AGUILLAR, D. (1986). Combustibilidade e tratamento ignífugo da madeira. São Carlos, 99p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

O resíduo da pirólise rápida completa da madeira é o carvão vegetal. A carbonização completa ocorre em temperaturas entre 400°C e 500°C, com o desenvolvimento da estrutura cristalina do grafite.

A pirólise rápida tende a produzir menor quantidade de carvão e maior volume de gases e alcatrões do que a pirólise lenta, a qual tende a produzir mais carvão e um pequeno volume de gases inflamáveis, SCHAFFER (1966) apud AGUILLAR⁵.

2.2.3- Combustão flamenjante

Ocorre quando os gases inflamáveis e alcatrões liberados durante a pirólise rápida reagem com o oxigênio. O calor gerado pela combustão é adicionado ao processo global de degradação térmica, aumentando significativamente a pirólise.

O início da combustão pode ocorrer através de uma chama-piloto, incendiando os gases inflamáveis, ou por combustão espontânea que ocorrerá mediante um aquecimento com intensidade próxima ao dobro da necessária para a ignição com chama-piloto FLEISHER, (1960) apud , AGUILLAR⁶ (1996).

A ignição de gases inflamáveis ocorre conforme a temperatura aumenta. O ar circundante interfere na temperatura mínima de ignição, pelo processo exotérmico associado à decomposição por pirólise.

Para que a combustão continue, é necessário que haja suficiente calor proveniente das chamas para a madeira, garantindo o suprimento de gases inflamáveis.

A combustão flamejante ocorre geralmente a uma certa distância da superfície da madeira. A camada de carvão vegetal age como isolante para as camadas subjacentes evitando as temperaturas de pirólise exotérmica.

⁵ SCHAFFER, E.L. (1966). Review of information related to the charring rate of wood, USDA-FS-FPL, Madison, w. (0145) apud AGUILLAR, D. (1986). Combustibilidade e tratamento ignífugo da madeira. São Carlos, 99p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

⁶ FLEISCHER, H. O. (1960). The performance of wood in fire. USDA-FS-FPL, Madison, W. (2202) apud AGUILLAR, D. (1986). Combustibilidade e tratamento ignífugo da madeira. São Carlos, 99p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo..

Sem o suprimento de gases inflamáveis, a combustão é interrompida, ainda que o carvão tenha temperatura de ignição espontânea inferior a dos outros produtos.

2.2.4- Combustão Incandescente

É caracterizada pela ausência de chamas e ocorre quando o carvão sólido residual é aquecido até a emissão de luminosidade. A combinação do carbono sólido com o oxigênio que resulta no dióxido de carbono, ocorre em duas etapas. A primeira reação ocorre na superfície, entre o carbono e o oxigênio, formando o monóxido de carbono que na segunda etapa reagirá liberando maior calor para formar o produto final de combustão. O calor total produzido é suficiente para manter o carbono da superfície numa temperatura de 600°C a 700°C.

A combustão incandescente é geralmente auto-sustentada e continuará até que o carvão seja completamente consumido.

2.2.5 - Fumaça

Se a combustão da madeira for completa, os únicos produtos liberados, além de calor e luz, serão dióxido de carbono e água, que são incolores nas temperaturas de combustão. Entretanto, a combustão da madeira sempre está associada à maior ou menor quantidade de fumaça que por sua vez é formada por partículas sólidas e vapores condensados em suspensão.

O resíduo da combustão incompleta dos materiais é o responsável pela maioria das mortes durante um incêndio, SEITO (1988a) afirma que as estatísticas têm demonstrado ser a fumaça a responsável por mais de 80% das mortes em incêndios. Seus efeitos podem levar à sérias lesões no sistema respiratório e olhos, além disso, os efeitos da fumaça estão associados ao pânico e a apreensão, redução da capacidade de raciocínio e vulnerabilidade à fatalidades.

Durante a combustão os gases liberados pela madeira são: monóxido de carbono, metano, ácido fórmico, ácido acético glioxal e hidrocarbonetos.

2.3 - A AÇÃO DO FOGO NAS ESTRUTURAS

O fogo é o grande inimigo dos materiais de construção. Os quais apresentam reações diferentes a ação do fogo. Alguns reduzem a seção gradualmente, perdem a rigidez e a resistência e outros se desfazem em pedaços quando expostos a altas temperaturas. Portanto, a combustibilidade não é o principal critério pelo qual o desempenho ao fogo de uma construção pode ser julgado, afinal todos são prejudicados pelo fogo.

O conhecimento de que peças estruturais de madeira proporcionam um considerável grau de resistência ao fogo remonta o ano de 1800, quando o uso de peças maciças de madeira assumiam relevante importância na construção de prédios industriais. O bom desempenho deste material enfrentando severos incêndios estabeleceu sua superior capacidade de resistência.

O termo *millconstruction* originalmente adotado pelo fato da madeira maciça ser muito empregada em edificações industriais e de armazenagem, foi gradualmente substituído por um termo de caráter definidor *heavy timber construction* ou construções de madeira maciça, reconhecido na maioria dos códigos construtivos em diferentes países, como um material estrutural de satisfatório desempenho quando sob a ação do fogo.

Peças de madeira maciça ou MLC (madeira laminada colada), mantém sua integridade estrutural por longos períodos de exposição ao fogo, podendo desempenhar suas funções, bastando apenas a retirada da superfície carbonizada, por questões estéticas, figura 16.

Considerando que a espessura exerce grande influência na resistência das peças de madeira, alguns códigos construtivos especificam a dimensão nominal mínima para membros estruturais expostos.

FIGURA 16. Pilar de madeira carbonizado

Fonte: BROCHARD, F. X. (1960) p. 112.

As propriedades da madeira frente ao risco inicial de um incêndio podem ser melhoradas pois componentes de madeira sem proteção são mais seguros que materiais plásticos ou sintéticos e, além disso, o uso de revestimentos, tintas e tratamentos à pressão melhoram suas propriedades.

Por exemplo:

O recobrimento de chapas de compensado lhes confere aumento de resistência superiores a uma hora e a fibra de vidro reforçada com produtos intumescente pode ser usada para reduzir a velocidade de formação de carvão.

O aumento da temperatura nos elementos estruturais causa redução da rigidez e o aparecimento de esforços solicitantes adicionais nas estruturas hiperestáticas.

No que concerne ao estudo das estruturas, a característica de um incêndio é obtida através da análise feita na curva que fornece a temperatura dos gases em função ao tempo de incêndio. A partir desta curva é possível calcular a máxima temperatura atingida pelas peças e sua correspondente resistência à alta temperatura.

Essa curva apresenta uma região inicial com baixas temperaturas, em que o incêndio é considerado de pequenas proporções, sem risco à vida humana ou à estrutura. Caso haja medidas de proteção contra incêndio (detetores de calor e

fumaça, chuveiros automáticos, brigadas de incêndio, etc) eficientes para extinguir o fogo nesse intervalo de tempo, não será necessária a verificação adicional da estrutura.

O instante em que ocorre o aumento brusco da inclinação da curva fica caracterizado como *flashover*, ou instante de inflamação generalizada. A inflamação generalizada ocorre quando a superfície de toda a carga combustível no ambiente entra em ignição, o incêndio toma todo o compartimento e a temperatura dos gases eleva-se rapidamente.

Quando todo o material combustível for consumido ocorre a redução gradativa dos gases. Se as medidas de proteção não forem eficientes para controlar o incêndio durante a fase anterior a inflamação generalizada e houver a necessidade de verificação da segurança da estrutura, deve-se considerar o efeito da ação térmica⁷ nos elementos estruturais.

2.3.1 - Incêndio Padronizado

É o incêndio para o qual se admite que a temperatura dos gases do ambiente em chamas respeite as curvas padronizadas para ensaio. Estas curvas não representam um incêndio real. No entanto, é comum associar-se a curva-padrão a tempos fictícios, de consenso do meio técnico, com a finalidade de fornecer parâmetros de projeto.

Embora não reproduza fielmente as variações e aumentos das temperaturas dos incêndios reais, ela possibilita a classificação e comparação dos diferentes elementos de construção, além de ser utilizada nos códigos de edificação que estabelecem requisitos de resistência ao fogo para diferentes tipos de edifícios. As curvas mais citadas são aquelas estabelecidas pelas normas ISO 834 e ASTM E 119.

As condições de segurança das estruturas de uma edificação em situação de incêndio são verificadas quando a temperatura atingida pelos elementos estruturais

⁷ Ação descrita por meio de um fluxo de calor, por radiação e por convecção, provocado pela diferença de temperatura entre os gases quentes do ambiente em chamas e os componentes da estrutura.

for maior que a temperatura crítica desses elementos, sendo a temperatura crítica aquela que causa o colapso da estrutura.

Cada incêndio representa uma única situação, pois a evolução da temperatura apresenta para cada caso um comportamento diferente, devido a vários fatores que se interrelacionam. Dentre eles:

- A carga térmica ou carga de incêndio: soma de todas as energias caloríficas que poderiam ser liberadas pela combustão completa de todos os materiais combustíveis em um compartimento, tanto aqueles incorporados aos elementos construtivos, ex. forros, divisórias, paredes, como os contidos no interior do edifício, ex. móveis, objetos decorativos (carga de incêndio variável).
- Ventilação;
- Porosidade e forma dos materiais combustíveis;
- Forma do compartimento e
- Característica térmica do material constituinte do compartimento.

Por convenção, a carga térmica é expressa como a massa de madeira equivalente à soma de todo o material combustível do compartimento estudado por área de piso (kg de madeira por m²).

O potencial calorífico específico da madeira varia de 17 a 20 MJ/kg enquanto de alguns plásticos têm valores superiores a 30 MJ/kg, o petróleo 43,7 MJ/kg, por isso, as cargas térmicas que envolvem hidrocarbonetos devem ser analisadas com outros parâmetros.

Segundo LANDI (1988) o conceito de carga térmica (*fire-load*) foi introduzido por Ingberg, do *National Bureau of Standards* (NBS) na década de 20. Ingberg, correlacionava potencial calorífico e a duração de um incêndio.

Na década de 60, pesquisadores japoneses somaram a estes estudos a disponibilidade de ar para alimentar a combustão.

2.4 - AS FASES DE UM INCÊNDIO

Segundo (KATO, 1988, p.65) “a primeira etapa do processo é a ignição do material, estimulado” entre outros, “pelo desenvolvimento de calor radiante da chama. Os materiais vão se aquecendo lentamente em função da quantidade de calor que recebem do início da ignição, até atingirem sua temperatura de combustão”. Esta primeira fase é muito importante pois sua detecção precoce possibilita o combate mais favorável do incêndio.

Parte dos fatores que controlam a etapa de ignição dos materiais é intrínseca a eles mesmos: a geometria dos sólidos, propriedades físicas e termodinâmicas, e seus produtos de pirólise.

Estes fatores estão relacionados às propriedades do material e ao seu desempenho ao serem expostos a temperaturas elevadas (inflamabilidade, liberação de calor, propagação de chamas e fumaça produzida) ou seja a reação ao fogo. Outra parte dos fatores é externa ao material: condições atmosféricas do ambiente, a natureza e energia total da fonte de ignição, (Figura 17).

FIGURA 17. Fatores que controlam a ignição dos materiais

Fonte: KATO, M.F. (1988). Propagação superficial de chamas em materiais.

A estimulação da ignição, que é obtida pelo calor armazenado nos objetos vizinhos, especialmente através do forro e das paredes do local, aumenta assim a razão de queima dos materiais. Forma-se uma camada de gases quentes e fumaça abaixo

do teto, originando fluxos intensos de energia radiante e aquecimento do compartimento.

Segundo BERTO & LIMA (1988) a possibilidade de um foco de incêndio extinguir ou evoluir depende das condições favoráveis de alguns fatores, a saber:

- Razão de desenvolvimento de calor pelo primeiro objeto ignizado;
- Carga térmica total do compartimento;
- Natureza dos materiais de revestimento, sob o ponto de vista de suportar a combustão e propagar o fogo e
- Inércia térmica dos materiais de revestimento.

Os dois primeiros fatores dependem da natureza dos objetos do compartimento e do mobiliário. O arquiteto, no entanto, pode interferir limitando o uso de revestimentos com características infamáveis na edificação.

Se a razão de queima for suficiente para elevar o nível de radiação entre 1,7 e 2,1 W/cm², todos os materiais combustíveis do compartimento irão se ignizar de forma rápida, envolvendo todo o compartimento, alcançando então o ponto mais crítico do incêndio, chamado *flashover* ou inflamação generalizada.

A inflamação generalizada é a transição entre a fase de aquecimento e a fase da queima, quando temperaturas elevadas e fluxos de calor radiante expõem as superfícies combustíveis à pirólise, produzindo grande quantidade de gases combustíveis, que queimam violentamente na presença de oxigênio em suficiente quantidade, conforme ilustra a figura 18.

Na inflamação generalizada a elevação da temperatura é muito rápida e o incêndio se propaga rapidamente. Dificilmente se consegue combater um incêndio nesta fase, devido ao fato da energia térmica liberada ser muito elevada, o que torna, geralmente os recursos de combate insuficientes.

FIGURA 18. Fases de evolução de um incêndio.

Fonte: PROTECTION incendie dans la construction em bois (1998) p.218.

Uma forma prática de se avaliarem as temperaturas atingidas durante um incêndio, é através da observação da coloração das chamas liberadas durante um incêndio. As chamas com coloração mais claras, próximas aos tons de branco correspondem as mais elevadas temperaturas, e as de tons avermelhados correspondem as temperaturas menores, conforme demonstra a tabela 5.

TABELA 5 - Relação entre temperatura e coloração de chamas

Vermelho escuro	500 ^o – 700 ^o C
Vermelho cereja escuro	800 ^o C
Vermelho cereja	900 ^o C
Vermelho cereja vivo	1000 ^o C
Alaranjado escuro	1100 ^o C
Alaranjado vivo	1200 ^o C
Branco	1300 ^o C
Branco vivo brilhante	1400 ^o C
Branco ofuscante	1500 ^o C

Fonte: LANDI (1988) p.467-8

Os edifícios devem ter suficiente resistência para prevenir o alastramento do fogo e o colapso estrutural no período de queima após a inflamação generalizada. “Em termos gerais, a segurança a vida é mais afetada no período anterior a inflamação

generalizada e a proteção do patrimônio no período após sua ocorrência, muito embora ameace tanto a segurança à vida, a construção e as construções vizinhas” (BUCHANAN, 1999, p.1).

Durante o período anterior à inflamação generalizada, os materiais que constituem os elementos estruturais têm pouca contribuição para alimentar as chamas, mas os materiais de revestimento e paredes combustíveis existentes no local onde se originou a chama contribuem para o alastramento rápido do fogo. Devido a isto, muitos códigos limitam o uso de materiais de revestimento para proporcionar o controle do fogo em edifícios dentro de suas várias ocupações.

A propagação das chamas não se dá somente pelo interior da edificação, mas também por chamas externas entre as janelas dos prédios. Para combater a ação das chamas por este caminho são criadas orientações específicas.

A terceira fase de um incêndio é a sua extinção, visto que ocorreu a queima do combustível, e não há mais o fornecimento de energia térmica para o ambiente, provocando a queda de temperatura, interrompendo assim a cadeia dos elementos necessários para que ocorra o fogo: o calor, o combustível, o comburente e a reação (tetraedro do fogo).

Nesta fase a resistência dos materiais ao fogo é de extrema importância, os elementos e componentes devem desempenhar a função para a qual foram projetados, mantendo-se estáveis durante um determinado período de tempo.

Quando a extinção do fogo necessita da interferência do homem, são utilizados os seguintes processos:

- Dispersão ou separação dos materiais combustíveis;
- Abafamento ou redução do oxigênio necessário à combustão e o
- Resfriamento ou diminuição da temperatura para valores inferiores aos de combustão.

2.5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não é possível tratar sobre a proteção contra fogo para habitações em madeira sem a compreensão das transformações físico-químicas que envolvem a combustão da madeira e as consequências da ação térmica nas estruturas de madeira. Estas informações permitem melhorar as propriedades da madeira, estabelecer e avaliar parâmetros de projeto estrutural usando a caracterização dos incêndios através das chamadas curvas de incêndio.

Fazendo uso deste conhecimento podemos avaliar a segurança das estruturas afetadas por um incêndio, e prever com boa precisão em projeto o tempo de resistência dos elementos estruturais de uma edificação, possibilitando por exemplo, que as vítimas de um incêndio sejam retiradas em segurança e que o fogo seja combatido sem que a estrutura desabe e comprometa a segurança de vida da brigada de incêndio e danifique as edificações vizinhas.

CAPÍTULO 3 – Códigos construtivos e detalhes de projeto visando a segurança contra incêndio

*D*iversos países adotam códigos construtivos que consideram o desempenho das edificações e dos elementos da construção em relação a segurança contra incêndio. A adoção destes códigos possibilitou a utilização da madeira em locais onde antes não era permitida. Este capítulo propõe traçar um apanhado sobre as principais orientações construtivas visando a segurança contra incêndio, adotadas por quatro países, em quatro diferentes continentes, a saber: América do Norte (Canadá), Oceania (Austrália), Europa (Suiça), Ásia (Japão). Em comum estes países possuem tradição (em maior ou menor grau), na adoção de sistemas construtivos em madeira, e regulamentações para sua utilização na construção civil.

3.1- A ORIGEM DOS CÓDIGOS CONSTRUTIVOS

A regulamentação de edificações não é algo recente, há registros atribuídos ao rei Hamurabi, da antiga Babilônia (1700 a.c.) estabelecendo responsabilidade aos construtores pelo desempenho estrutural de uma edificação, sendo estes passíveis de condenação à morte, caso o colapso de sua obra resultasse na morte do usuário. Na Roma antiga, havia regulamentação ligada diretamente a segurança

contra incêndio nas edificações, impedindo a construção de casas de madeira de múltiplos andares, se não oferecessem condições de conter o fogo dentro da propriedade.

Os incêndios mais significativos são descritos pela história desde épocas remotas, sendo um dos registros antigos, os datados do império romano, se estendendo pela idade média até os dias atuais. É facilmente compreensível o porque das proporções catastróficas destes incidentes em determinados períodos históricos, considerando que à exceção dos templos, palácios e residências aristocráticas, a maioria das habitações eram feitas com materiais combustíveis em condições espaciais precárias e muito próximas entre si, o que facilitava a propagação do fogo.

Os grandes incêndios que arrasaram muitas cidades desde a idade média até o fim do século XIX, tanto na Europa como na Ásia e, posteriormente, na América do Norte (Figura 19), sofreram redução para a escala do lote somente a partir do fim do século XIX, quando passaram a ser controlados por medidas de planejamento urbano.

FIGURA 19. Incêndio em Boston (EUA) ocorrido em 1872.

Fonte: CANADIAN WOOD COUNCIL (1996) p.3.

Porém, a abordagem científica dos incêndios em edificações só atingiu grande progresso a partir da segunda metade do século XX.

Considerado como marco histórico no estudo dos incêndios, o chamado *The Great Fire of London*, ocorrido em 1666, veio conduzir as autoridades a adotarem regulamentações construtivas mais eficazes junto à segurança das edificações na Inglaterra, assim como foi o precursor do estabelecimento das companhias de seguro e em consequência a produção de normas para a segurança contra fogo em edificações.

À medida em que o crescimento industrial se acentuava, as cidades cresciam desordenadamente e, com elas, o risco de incêndios em escala urbana, causando grande destruição e um elevado número de vítimas. A dolorosa experiência com incêndios forçou as autoridades a elaborarem regulamentações para a construção das novas edificações. Mas estas sendo regulamentações prescritas por autoridades locais, diferiam muito entre si, o que dificultava a atuação dos profissionais e a indústria de materiais.

Visando unificar as regulamentações de construção, surgiram na América do Norte, os chamados “códigos modelo”, muito utilizados nos Estados Unidos e base preparatória para a elaboração do código construtivo canadense, inicialmente publicado em 1941, de caráter orientativo, porém aplicado em todo o território nacional.

Apesar de unificados, os códigos prescritivos têm sido escritos na forma de especificações, estabelecem quais materiais devem ser usados e como serem usados.

Na Europa o *London Building Act* ou Código Construtivo de Londres, de 1668, definia 4 classes de edificações e determinava que paredes entre duas construções deveriam ser executadas com tijolo cozido revestido com argamassa, especificando a espessura destas paredes em função da altura da edificação, com o objetivo de assegurar que estas seriam estruturalmente seguras e preveniriam o alastramento do fogo de uma edificação para outra. Além desta, outra medida adotada foi a restrição severa ao uso da madeira em ambiente urbano, DICKENS (1971).

Adotados por quase totalidade dos países, os códigos prescritivos, segundo ONO (2001) têm sido baseados no empirismo, experiência e julgamento mais do que na compreensão científica dos princípios da segurança contra incêndio, dificultando a

prática diária da segurança contra incêndio que poderia ser incorporada mais rapidamente se não existissem os efeitos inibidores dos códigos e das normas prescritivas.

No entanto, os códigos prescritivos vêm lentamente cedendo espaço para os códigos de desempenho, comprometidos com as mudanças tecnológicas e econômicas no campo da construção ocorridas principalmente no pós-guerra.

A origem das regulamentações baseadas em desempenho é marcada por uma publicação em 1925 do NBS (*National Bureau of Standards*) ou Secretaria Nacional de Padronização, atual NIST (*National Institute of Standards and Technology*) ou Instituto Nacional de Padronização e Tecnologia, recomendando a adoção, sempre que possível, de critérios definidos em termos de desempenho. Nos anos 60 e 70, em função principalmente da industrialização resultante do pós-guerra, o conceito e a avaliação de desempenho foi sistematizada, MITIDIERI FILHO (1998).

SHEINKMAN (1978) traduz a norma de desempenho como a descrição do desempenho ou função requerida de uma edificação ou de seus componentes, incluindo a manutenção durante a vida útil. Difere quanto à forma, conteúdo e objetivo, da norma descritiva, a qual descreve em termos de prática comercial existente, os materiais, normas de execução e métodos a serem empregados na execução da edificação ou componentes, sem indicar a função, desempenho requerido ou métodos pelos quais serão testados e mantidos.

A utilização da madeira recebeu um grande impulso a partir da adoção de regulamentações baseadas no desempenho dos materiais, pois diferente dos tradicionais códigos, estes abriram novas aplicações e conseqüentemente novos mercados às estruturas de madeira, para além do já consagrado uso residencial, proporcionando maior liberdade aos projetistas.

Os benefícios já são comprovados por parte de alguns países onde códigos baseados no desempenho têm sido introduzidos, tais como Reino Unido, Suécia, Japão, Holanda, Austrália e Nova Zelândia.

Quatro instituições possuem comitês especialmente dedicados à questão do desempenho:

CIB	CIB W60: <i>The performance concept in building</i>
	CIB TG11: <i>performance based building code</i>
ASTM	ASTM E06: <i>Performance of Buildings</i>
RILEM	RILEM 140TSL: <i>Methodologies for service life prediction</i>
ISO	ISO TC 59/SC3: <i>Functional/ user requirements in building construction</i>

Segundo ONO (2001) “Muitos profissionais da área (de segurança contra incêndio) acham que o projeto baseado no desempenho apresenta uma série de vantagens sobre os métodos prescritivos hoje adotados,...os métodos baseados no desempenho permitem uma flexibilidade no projeto, necessária para obtenção de soluções mais econômicas e resolução de questões específicas de segurança contra incêndio”.

Ao se estabelecer uma comparação entre as mudanças de enfoque dos códigos ao longo de sua evolução, podemos observar a contribuição que as experiências com relação aos incêndios e as mudanças tecnológicas proporcionaram às regulamentações construtivas, conforme (Tabela 6) a seguir:

TABELA 6 - Evolução dos principais aspectos abordados pelos códigos

Código Construtivo de Londres (1668)	Atuais códigos de desempenho
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proibição do uso de coberturas de sapé ▪ Proibição do uso de chaminés de madeira ▪ Exigências especiais para paredes estruturais ▪ Limitação na altura dos prédios ▪ Ênfase na proteção da propriedade 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conceito de compartimentação ▪ Resistência estrutural sob a ação do fogo ▪ Conduta humana durante emergências ▪ Melhoria dos meios de saída ▪ Alarmes de incêndio e meios de detecção ▪ Ênfase na segurança das vítimas

Fonte: DICKENS (1971); CANADIAN WOOD COUNCIL (1996).

3.2 A REGULAMENTAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DA MADEIRA PELOS CÓDIGOS CONSTRUTIVOS

A maioria dos códigos de construção reconhecem cinco Classes de construção baseada nos tipos de material e exigências de resistência ao fogo, a partir das quais estabelece as exigências de proteção, segundo o FOREST PRODUCTS LABORATORY (1999).

- Construções resistente ao fogo (Tipo I)
- Construções incombustíveis (Tipo II)
- Construções convencionais (*Ordinary construction*) (Tipo III)
- Construções de madeira maciça (*Heavy Timber construction*) (Tipo IV)
- Entramados (*Lightframe construction*)(Tipo V)

Construção incombustível é a denominação dada ao tipo de edificação na qual o grau de segurança contra fogo é obtido pelo uso de materiais incombustíveis em elementos estruturais. No entanto, o uso de materiais combustíveis não é excluído, porém limitado, CANADIAN WOOD COUNCIL (1996).

Os Tipos I e II se restringem basicamente aos materiais incombustíveis; o Tipo III abrange as edificações que utilizam peças de madeira com dimensões menores que o tipo de construções de madeira maciça, e utilizam acabamento exterior incombustível; o tipo IV é composto por peças de madeira de grande espessura; o Tipo V utiliza peças de madeira com dimensões variadas, porém são menores que os do Tipo IV.

O termo construções convencionais, define edificações cujas paredes exteriores são de alvenaria e no interior o vigamento é constituído por peças de madeira com espessura superior a 2 polegadas (5,08cm). Este tipo de construção é muito empregado em edifícios públicos e comerciais de 5 a 6 andares. Ele difere das construções de madeira maciça por apresentar o revestimento exterior não tão pesado, e o entramado de madeira interno menos robusto. Difere do entramado de madeira por possibilitar maiores alturas e áreas, por auto-suportar paredes de alvenaria, FOREST PRODUCTS LABORATORY (1999).

As construções de madeira maciça, são construções que utilizam para pisos peças robustas de madeira maciça; colunas com dimensão mínima de 8x8 polegadas (20,32 x 20,32 cm); vigas com vãos relativamente pequenos, mas com reduzida superfície e projeções expostas ao fogo e paredes exteriores em alvenaria.

Devido a resistência relacionada a sua robustez, alguns códigos construtivos reconhecem que seu desempenho é similar ao das construções incombustíveis, com resistência de uma hora, permitindo assim seu uso em todos os tipos de ocupação, FOREST PRODUCTS LABORATORY (1999).

A segurança contra incêndio para este tipo de construção (madeira maciça) é obtida através da limitação no tamanho dos elementos estruturais de madeira e na espessura e composição dos telhados.

Os sistemas entramados ou *Lightframe, woodframing construction*, se caracterizam por possuírem uma trama estrutural de madeira com seções de dimensão reduzidas (5x10cm) que servem de base de apoio para placas de recobrimento das paredes, suporte para pisos, tetos e telhados.

Inicialmente, a trama estrutural era revestida apenas exteriormente com pranchas de madeira serrada, porém o desenvolvimento tecnológico possibilitou que as construções recebessem também acabamento interior (compensado, aglomerado, *waferboard*, OSB, placas de gesso acartonado) e isolamento térmico entre as duas faces (lã mineral, lã de vidro, espuma de poliuretano e poliestireno, etc) ROSÁRIO (1997).

Embora as estruturas de edificações em sistema entramado possam ser feitas inteiramente de madeira, a aplicação destes acabamentos protetores sobre o entramado promove maior resistência ao fogo

Este sistema é usado em construções residenciais, algumas comerciais e institucionais. Possuem várias versões, sendo as mais empregadas o sistema balão e o plataforma. São divididas em duas classes, protegidas (1 hora) e não protegidas.

- a) **Sistema balão ou globalizado (*balloom framing*)** – Consiste basicamente em uma estrutura disposta de maneira a formar um diafragma de paredes com pé-direito duplo (Figura 20).

Os montantes verticais são contínuos e espaçados a cada 40 ou 60 cm. A estrutura do piso é apoiada na viga mestra, que une os montantes na horizontal, conferindo-lhe travamento. Cada pavimento é montado independente dos demais servindo de base para a montagem do próximo piso, BENEVENTE (1995).

Na década de 70, este sistema foi alterado na busca de redução de custos através da revisão de componentes, motivados pelo quadro inflacionário vivido pelos Estados Unidos durante este período e pela diminuição do suprimento de matéria-prima.

O sistema balão é adequado para a construção de habitações com dois pavimentos, onde a vedação exterior é de tijolos, placas de pedra ou reboco, por ter menos possibilidade de movimentação entre o entramado de madeira e o acabamento exterior.

FIGURA 20. Sistema entramado balão ou globalizado.

Fonte: CANADIAN WOOD COUNCIL (1997) p. 93.

b) **Sistema plataforma (*platform framing*)** – É o sistema construtivo mais comumente usado nos Estados Unidos, apesar de consumir maior quantidade de madeira que o sistema balão. Neste sistema (Figuras 21 e 22) os montantes possuem a altura de um pavimento e os barrotes do piso são montados independentemente das paredes, criando uma plataforma a cada nível de piso, onde são montadas as paredes e divisões.

É de fácil combinação com o sistema balão quando utilizado para a construção de casas de dois pavimentos, com a vantagem de permitir a pré-fabricação das paredes fora do canteiro de obras.

FIGURA 21. Sistema entramado plataforma

Fonte: CANADIAN WOOD COUNCIL (1997) p. 94.

FIGURA 22. Vista interior de uma residência unifamiliar construída em sistema entramado plataforma

Fonte: foto cedida por Guilherme C. Stamato
Local: British, Columbia, Canadá.

O aumento dos requisitos de segurança e racionalização dos sistemas construtivos têm possibilitado diminuir os potenciais riscos de incêndio em edificações tornando-os compatíveis com as edificações executadas com sistemas construtivos que utilizem matéria-prima incombustível.

Na tabela 7, serão apresentados dados que constatarem a realidade acima exposta. Ela contém dados sobre danos causados em incêndios residenciais no Canadá entre os anos de 1993-1995.

Pode ser notado que não há nenhuma diferença significativa entre a comparação da taxa de mortes e danos causados às residências destinadas a uma ou duas famílias (construídas tipicamente em sistema entramado) e as taxas de mortes de outros tipos de edificação, tais como prédios residenciais de pequeno a grande porte (hotéis e motéis) construídos tipicamente usando materiais como o aço ou concreto.

TABELA 7 - Perdas ocasionadas por incêndios em edificações residenciais canadenses entre 1993-1995

Tipo	Número de incêndios	Mortes	Mortes à cada 100 ocorrências	Danos	Danos à cada 100 ocorrências
1 & 2 famílias	51 423	609	1,18	3,999	7,78
apartamentos	17 677	181	1,02	2 396	13,65
pensões	812	23	2,83	193	23,77
hotel	803	7	0,87	101	12,58
motel	293	4	1,37	24	8,19
dormitórios	195	0	0	6	3,08
casas móveis	2 326	53	2,28	112	4,82
residências mistas	3 784	34	0,90	164	4,33
Total	77 313	911	1,18	6 995	9,05

Fonte: CANADIAN WOOD COUNCIL (2000)

Serão apresentados alguns exemplos de países onde a utilização da madeira é expressiva no contexto da construção civil, ou com significativa contribuição em avanços tecnológicos principalmente fazendo uso de um recurso que tem conquistado resultados satisfatórios junto a segurança contra incêndio para habitações em madeira: os códigos construtivos.

Os detalhes construtivos visando a segurança contra incêndio, apresentados e discutidos neste trabalho exemplificam as medidas de segurança adotadas pelo Canadá, Austrália, Japão e Suíça. A escolha de países que se destacam quanto a utilização da madeira na construção civil em quatro diferentes continentes busca traçar um panorama dos avanços tecnológicos em nível global. Importante destacar a relevância com que são tratadas as questões de segurança que envolvem a utilização deste material em sistemas construtivos e a produção e aprimoramento dos detalhes de projeto.

3.3- CANADÁ

A origem do Código Construtivo Canadense (NBCC- *National Building Code of Canada*) está ligada à história, cultura e necessidade crescente de habitações seguras e econômicas para população deste país. Ele contém exigências básicas

para a saúde pública, para a segurança contra incêndio e para a suficiência estrutural.

3.3.1 – Breve histórico

No início do século XX, havia no Canadá diferentes regulamentações construtivas que, progressivamente, foram dificultando a atuação de construtores e projetistas nas diferentes localidades do país, levando as autoridades a proporem em 1918 a primeira padronização destas regulamentações construtivas.

Em 1930, com a criação do *National Housing Act* - NHA ou Lei Nacional de Habitação, cuja finalidade era promover a construção de novas casas, modernizar as existentes e melhorar as condições de vida e habitabilidade, concluiu-se que se houvesse padrões construtivos uniformes, a implementação deste programa seria facilitada.

Em consequência, o Departamento de Finanças, responsável pela aplicação do NHA recorreu ao Conselho Canadense de Pesquisas – NRC (*National Research Council of Canada*) a fim de que este órgão desenvolvesse um conjunto de regulamentações construtivas que pudessem ser adotadas por todas as jurisdições do território canadense.

Deste esforço conjunto, em 1941 foi editada a primeira versão do NBCC, que desde sua criação vem regendo a segurança contra incêndio na construção civil do Canadá juntamente com o Código Nacional de Incêndios – NFC (*National Fire Code*) responsável pela prevenção e combate ao fogo e pela manutenção de equipamentos de segurança e planejamento.

Atualmente o Código de edificações do Canadá é elaborado pelo *Associate Committee on the National Building Code* (ACNBC) ou Comitê Associado para o Código Construtivo Canadense, e publicado pelo Conselho Nacional de Pesquisas, (*National Research Council*).

Seguindo uma tendência mundial no que se refere a adoção de códigos baseados em desempenho, é previsto para o ano de 2001 a implantação do novo código com

uma estrutura baseada em hierarquias de objetivos e sub-objetivos. O que proporcionará a implementação de vários métodos construtivos e novos projetos, todavia o código manterá simultaneamente as antigas soluções prescritivas que contemplem satisfatoriamente seus objetivos.

3.3.2 - A madeira e o NBCC

O NBCC contém 9 capítulos, porém somente dois tratam sobre a segurança contra incêndio em edificações: os capítulos três e nove (no anexo 3 se encontra a classificação das edificações segundo a ocupação e os fatores de risco envolvidos)

O capítulo 3 do NBCC discorre sobre os mais variados tipos de edificações, hospitais, casas de repouso, prédios industriais de alto risco e edificações com mais de três andares ou 600,00 m² de área.

O capítulo 9 do NBCC, trata das edificações com até 3 andares ou área construída inferior a 600,00 m², exceto hospitais, penitenciárias e casas de tratamento e repouso. Neste capítulo estão contidas as regulamentações referentes ao sistema entramado (casas e pequenas edificações) CANADIAN WOOD COUNCIL (1996).

3.3.3 - Detalhes Construtivos

O NBCC regulamenta a utilização da madeira através de dois sistemas estruturais: sistema entramado e construções de madeira maciça, os quais apresentam diferenças quanto a dimensão das peças, métodos de construção e nível de combinações com outros materiais visando alcançar a segurança contra incêndio.

3.3.3.1 - Sistema entramado

A maioria das casas canadenses são construídas pelo sistema entramado, o qual utiliza peças de madeira com seções de 38x89x286 mm e espaçamentos de 600 mm no eixo.

Os principais cuidados relacionados a este sistema se baseiam na combinação de diversos materiais com propriedades isolantes, embora as construções entramadas

possam ser construídas inteiramente de madeira. Além disto, é recomendada a utilização de dispositivos corta-fogo e barreiras físicas, promovendo uma resistência contra fogo que pode variar de 45 minutos a 2 horas.

Com relação às aberturas tais como portas, venezianas, e dutos de passagem da tubulação de serviço da edificação, alguns cuidados devem ser considerados, pois estes são pontos vulneráveis à propagação do incêndio. Para garantir a compartimentação dos ambientes, faz-se necessário que estas aberturas sejam bloqueadas através de produtos encontrados no mercado que agem como selantes.

Outro cuidado a ser considerado deve ser tomado junto às paredes que devem se prolongar até a laje ou assoalho sob o compartimento logo a cima, transpassando assim a área do forro e não deixando vazios no seu interior.

3.3.3.2 – Sistema de madeira maciça

O nível de segurança contra incêndio para edificações que utilizam este sistema construtivo é obtido através de cuidados com os limites mínimos nas seções de madeira com função estrutural (Tabela 8) cuidados na execução de conexões, determinação de espessuras mínimas na composição das peças de madeira usadas em cobertura e piso, e cuidados para evitar a presença de espaços vazios nestes locais.

Nas edificações combustíveis equipadas com chuveiros automáticos, não é exigido que a cobertura apresente resistência ao fogo e não precisam atender aos dimensionamentos mínimos previstos pelo código.

No caso da utilização da madeira em construções incombustíveis, estando ou não equipadas com chuveiros automáticos, devem ser respeitadas as dimensões mínimas das peças.

TABELA 8 –Construções de madeira maciça, dimensões mínimas dos elementos construtivos

Localização	Elemento estrutural	Madeira serrada (larg.xcompr.) mm	MLC (larg.xcompr.) mm	Madeira roliça (Ø mm)
Cobertura	colunas	140x191	130x190	180
	Arcos apoiados sob paredes	89x140	80x152	
	Vigas e tesouras	89x140	80x152	
	Arcos apoiados no piso ou próximo	140x140	130x152	
Piso, Piso/cobertura	colunas	191x191	175x190	200
	Vigas, arcos, tesouras	140x241 ou 191x191	130x228 ou 175x190	

Fonte: CANADIAN WOOD COUNCIL (1996). Fire safety design in building, p.33

Além dos cuidados com o dimensionamento das peças, deve ser considerado em projeto, para o sistema construção de madeira maciça, a minimização das frestas entre os elementos construtivos (vigas, arcos, tesouras, assoalho). Para isto, o acabamento das peças deve ser liso e aplainado, de modo que o encaixe confira um arranjo compacto e sem saliências, evitando superfícies expostas ao fogo. (Figura 23).

As colunas devem ser contínuas entre os diversos andares da edificação, caso sejam sobrepostas, as vigas devem ser alinhada em relação ao eixo vertical da coluna localizada abaixo e devidamente fixadas às vigas por meio de conectores apropriados as construções de madeira maciça (conforme ilustra a Figura 23, detalhe A).

FIGURA 23. Conexões entre os elementos estruturais de madeira maciça

Fonte: CANADIAN WOOD COUNCIL (1996) p.34. adaptado pela autora.

Legenda

A	Conexão entre coluna sobreposta e viga
B	Viga pousada sobre alça metálica
C	Viga pousada sobre viga mestra
D	Ancoragem padrão entre viga e parede de alvenaria
E	Conexão padrão entre viga e coluna
F	Modelo típico de conexão para colunas contínuas
G	Conexão entre coluna e viga (com emenda sobre coluna)
H	Ancoragem entre viga e pilar de alvenaria

Para as vigas apoiadas em paredes de alvenaria ou concreto, cuidados devem ser tomados a fim de evitar que em caso de incêndio, o possível colapso da viga não afete a parede. As figuras 24 e 25, ilustram a situação citada, porém considerando a parede com uma barreira física contra incêndio separando duas edificações construídas no limite do lote e sem recuo.

Note-se que, conforme ilustrado na figura 24, o chanfro na viga de madeira é colocado de modo que a possível falência desta viga não danifique a parede.

FIGURA 24. Viga de madeira apoiada diretamente sobre parede de alvenaria

Fonte: CANADIAN WOOD COUNCIL (1996) p.143.

FIGURA 25. Junção pilar-viga de madeira junto a parede separatória

Fonte: CANADIAN WOOD COUNCIL (1996) p.143.

A utilização do piso de madeira é possível em todos os tipos de edificações, independente da altura ou de sua classificação como incombustível ou não. Isto porque, durante um incêndio, a temperatura do ar na superfície do piso é relativamente baixa se comparada as elevadas temperaturas que ocorrem na altura do teto.

Porém, alguns cuidados devem ser considerados, conforme ilustra a figura 26. A espessura dos barrotes deve ser de no mínimo 50 mm e altura máxima de 300 mm, com a utilização de dispositivos corta-fogo à cada 10,00 m² e além disto, devem estar apoiados em uma estrutura incombustível.

FIGURA 26. Uso de piso elevado de madeira em edificação incombustível

Fonte: CANADIAN WOOD COUNCIL (1996) p.44.

Em algumas edificações de pequeno porte os elementos estruturais (pisos e coberturas) de pequenas edificações não precisam apresentar índices de resistência ao fogo. No entanto, é esperado que possuam uma resistência inerente ao fogo que possibilite a evacuação segura dos ocupantes da edificação. Para maior segurança são estabelecidas limitações na altura da edificação (Figura 27)

Sobre o exemplo ilustrado pela figura 27, são traçadas as seguintes considerações:

- Todas as unidades possuem entre si (paredes) separações corta-fogo¹, com resistência mínima de uma hora;
- O entre-piso das unidades A e B não precisam ser separação corta-fogo ou apresentar índice de resistência ao fogo e
- O entre-piso comum as unidades C e D não precisam ser separação corta-fogo, porém, deve ter resistência ao fogo por no mínimo 45 minutos.

FIGURA 27. Separação contra fogo em edificação residencial multifamiliar

Fonte: CANADIAN WOOD COUNCIL (1996) p.179.

Também se faz importante garantir a estanqueidade das junções das extremidades das paredes com o piso e com o teto, (Figuras 28 e 29).

¹ Elemento construtivo que atua como barreira contra a propagação de chamas

FIGURA 28. Continuidade de parede de separação corta-fogo

Fonte: CANADIAN WOOD COUNCIL (1996) p.180.

FIGURA 29. Separação corta-fogo

Fonte: CANADIAN WOOD COUNCIL (1996) p.180.

3.4 - AUSTRÁLIA

3.4.1 – Breve histórico

O Código Construtivo Australiano (BCA- *Building Code of Australia*) é um conjunto de provisões técnicas para o projeto e construção de edificações e estruturas. Destina-se a todas as pessoas envolvidas no processo construtivo, sendo suas orientações adotadas em todo o território australiano, com variações em alguns Estados e territórios. É produzido e mantido pelo ABCB (*Australian Building Codes Board*).

O código australiano foi implantado em 1950. Em 1994, o BCA 90 (código prescritivo) recebeu uma emenda permitindo a incorporação de outros materiais que não o concreto, o tijolo cozido e materiais incombustíveis em locais onde havia exigência de resistência ao fogo e isolamento acústico.

Após esta data, o sistema construtivo de madeira entramada conhecido como MRTFC (*Multi-Residential Timber Framed Construction*) foi descrito e seu uso foi permitido em edificações residenciais de classe 2 (consultar p. 72) com altura máxima de 3 (três) andares e em edificações de classe 3 com no máximo 2 andares.

Em 1996, foi finalmente implantado o novo código australiano, o BCA 96 (código de desempenho) que proporcionou um aumento no número de andares, mudanças de classes das estruturas ou simples mudanças nos métodos de construção.

A partir de então a tecnologia conhecida como MRTFC que denomina estruturas que usam o sistema de madeira entramada com índice de resistência ao fogo e isolamento acústico, pôde se somar aos materiais usados até então, com maior flexibilidade.

Por ser um código de desempenho, o BCA 96, possibilita maior liberdade na adoção de sistemas construtivos inovadores, projetos e produtos para construção. Ele especifica o resultado que o projeto da edificação deve atingir, permitindo que o projetista adote qualquer método construtivo para alcançá-lo.

FIGURA 30. Edificação residencial multifamiliar (19 apartamentos) construída em sistema entramado sobre pavimento térreo em alvenaria de blocos.

Fonte: TIMBER BUILDING IN AUSTRALIA (2000).

Arquiteto: Wilson Holmes,

Local: Hobart, Tasmânia, Austrália.

A necessidade de salvaguardar a vida dos ocupantes de uma edificação é considerada princípio fundamental. O isolamento das edificações contra o fogo, pode ser promovido através do uso de divisões, paredes e pisos, projetados e construídos para prevenir a propagação do fogo através da restrição da passagem de chamas, gases, calor e fumaça.

3.4.2. - Caracterização das edificações

O código considera cada habitação ou unidade de ocupação (ex: apartamentos e similares) como um compartimento que precisa conter o incêndio por determinado período a fim de possibilitar a evacuação dos moradores e o combate ao incêndio.

O BCA adota 10 Classes de edificações. A classificação de uma edificação é determinada pela finalidade a qual foi projetada ou construída, ou pelo modo como é utilizada (Tabela 9).

TABELA 9 - Classificação das edificações, segundo o Código Construtivo Australiano

CLASSE 1	Residências unifamiliares, separadas ou geminadas
CLASSE 2	Apartamentos
CLASSE 3	Hotéis, motéis, asilos, clínicas de restabelecimento
CLASSE 4	Uso residencial em edificações de classe 5,6,7,8 ou 9
CLASSE 5	Escritórios
CLASSE 6	Lojas
CLASSE 7	Armazéns, estacionamentos
CLASSE 8	Laboratórios, fábricas
CLASSE 9	Edifícios públicos, hospitais, áreas de entretenimento
CLASSE 10	Estruturas

Fonte: MULTI-residential timber framed construction: teacher commentary. (1999).(Construction, 4).

As edificações de Classe 1, podem ser separadas ou não (casas terraço, vilas). Se forem juntas, então elas devem ter entre si paredes resistentes ao fogo e isolamento acústico. Nestas edificações não é permitido o compartilhamento de espaços no subsolo e cobertura (ático). Não há exigências com relação a:

- Nível de resistência ao fogo e isolamento acústico (caso seja isolada);
- Limitação no número de andares;
- Uso de materiais combustíveis em paredes separatórias e
- Resistência contra fogo em garagens.

A Classe 2, engloba as edificações contendo duas ou mais moradias separadas, denominadas unidades de ocupação (UO). Estas unidades podem estar lado a lado, acima ou a baixo umas das outras. Sendo exigido que cada unidade de ocupação seja separada de outra por uma barreira resistente ao fogo e isolamento acústico. Nestas edificações não é permitido o compartilhamento de espaços no subsolo e cobertura. O número de andares é limitado à três, porém há a possibilidade da construção de mais um andar, caso o nível térreo seja garagem construída em alvenaria ou concreto.

As edificações de Classe 3, são edifícios residenciais que apresentam espaços comuns de permanência prolongada ou transitória por um número indeterminado de pessoas, tais como: área residencial de uma escola; de um motel; de um hotel; acomodação em casas de tratamento, destinada aos funcionários; área residencial de um instituto penitenciário. Acima de dois andares, cada unidade de ocupação

deve possuir sua própria saída de emergência ou ter acesso a duas saídas próximas.

O Código construtivo australiano utiliza o FRL (*Fire Resistance Level*) ou nível de resistência ao fogo, que é definido como o tempo, em minutos, no qual um elemento construtivo resistente ao fogo mantém sua estabilidade (capacidade de suportar o carregamento) estanqueidade (restringe a passagem de gases e chamas) e isolamento térmico (mantém a temperatura na superfície não exposta, à níveis aceitáveis).

Exemplo:

FRL 30/30/30 (o elemento construtivo deve atender à resistência de 30 minutos para cada um dos itens: estabilidade, estanqueidade e isolamento térmico, respectivamente).

Para alcançar o nível de resistência desejado, os painéis de vedação que compõem a parede são resultado da combinação de diferentes materiais com resistência ao fogo (placas de gesso acartonado com resistência ao fogo e placas de fibrocimento); a espessura e a quantidade de camadas é determinada em função do nível de resistência requerido pelo código para a situação em particular.

O nível de resistência ao fogo (FRL) varia de acordo com a altura da edificação, ocupação ou adoção de proteção ativa¹. A certificação do FRL é dada através da submissão de um protótipo a um ensaio de fogo padronizado ou por meio de cálculos baseados em dados de protótipos já testados. Os mesmos critérios são utilizados para avaliação de sistemas de variados materiais, tais como concreto, metais e madeira.

Para se projetar uma edificação utilizando as orientações do BCA, primeiro é necessário determinar a Classe da edificação, o número de andares e acessos. O passo seguinte é determinar o tipo de construção a ser usado e o FRL para cada elemento construtivo em particular.

¹ SEITO (1995, p. 23) define as medidas de proteção ativa como “aquelas que necessitam da interferência humana para sua operação”.

O número de andares é obtido segundo a quantidade de pavimentos a partir do nível externo próximo à parede. Se parte da parede externa está na divisa de um lote, é considerado o nível próximo a esta divisa.

O pavimento não é contado se estiver associado a outras exigências do BCA 96, tais como:

- Estar situado parcialmente abaixo do nível externo e se internamente o teto estiver a menos de um metro acima do nível médio exterior da parede;
- Caso contenha apenas equipamentos de serviço (tanques de lavar roupa) e
- Caso seja um piso em mezzanino.

As edificações são também analisadas com respeito ao nível de resistência ao fogo, conforme ilustra a tabela 10.

Tipo A: edificações com alto nível de resistência passiva ao fogo, geralmente todos os elementos estruturais têm exigências de resistirem à queima dos objetos contidos no compartimento de origem por um determinado período de tempo. Este tipo de edificação é considerado totalmente compartimentado.

Tipo B: edificações com média resistência passiva, onde somente as paredes externas e os elementos estruturais resistem à queima dos objetos contidos na edificação.

Tipo C: edificações com baixo nível de resistência passiva, onde somente alguns elementos precisam atender as exigências de restrição a propagação horizontal do fogo.

TABELA 10 - Tipos de edificações, a partir da relação entre o número de andares e as classes

Andares	Classe de ocupação						
	2	3	9	5	6	7	8
≥4	A	A	A	A	A	A	A
3	A	A	A	B	B	B	B
2	B	B	B	C	C	C	C
1	C	C	C	C	C	C	C

Fonte: MULTI-residential timber framed construction: teacher commentary. (1999).(Construction, 4).

3.4.3- Detalhes construtivos

Serão apresentados alguns detalhes construtivos (Figuras 31-50) elaborados segundo as orientações do Código de Construções Australiano - BCA, visando a proteção contra fogo para edificações residenciais de Classes 1, 2 e 3, que utilizam sistema construtivo em madeira MRTFC.

As edificações Classe 1, são habitações residenciais unifamiliares geminadas ou casas isoladas. Quando duas edificações compartilham uma parede separatória², o código australiano exige que esta parede:

- Apresente resistência ao fogo pelo período mínimo de uma hora e
- Se estenda desde a base do sub-solo até o ático (Figura 31)

Não é permitido o compartilhamento de espaços comuns entre as duas moradias. Tais como o ático e o porão.

1. parede separatória projetada com altura mínima de 450 mm acima da cobertura
2. paredes externas com distanciamento de 900 mm da divisa ou 1800 mm de outra edificação, são exigidos índices de resistência ao fogo
3. para pisos e forro não há exigência de resistência ao fogo
4. parede com resistência mínima de 1 hora

FIGURA 31. Residências unifamiliares, exigências de resistência ao fogo.

Fonte: MULTI-residential timber framed construction: teacher commentary. (1999). (Construction, 2). adaptado pela autora.

² Parede separatória: parede comum a duas unidades habitacionais

A figura 32, ilustra uma parede entramada dupla, na qual os materiais são especificados para garantir que esta parede apresente resistência ao fogo pelo período de uma hora.

FIGURA 32. Parede dupla, FRL 60/60/60 (planta)

Fonte: MULTI-residential timber framed construction: teacher commentary. (1999). (Construction, 2). adaptado pela autora.

Em residências unifamiliares, não são estabelecidos limites quanto ao número de andares, assim como não há obrigatoriedade de que os pisos entre os andares, apresentem resistência ao fogo ou isolamento acústico. No entanto é proibido o compartilhamento de espaços comuns entre duas habitações.

Quando as edificações possuírem uma parede comum, como indica o número 4 da figura 31, esta deve ser resistente ao fogo (Figura 32) e deve se prolongar desde o ático até a fundação (Figura 33) possibilitando assim que na ocorrência de um incêndio, o fogo fique confinado à edificação de origem.

O Código construtivo australiano não exige que junções entre piso e teto de edificações unifamiliares de Classe 1, atendam aos requisitos de resistência ao fogo e mesmo isolamento acústico. No entanto, se este une-se a uma estrutura vizinha com exigência de resistência ao fogo, estes devem ser construídos de modo que na ocorrência de um colapso, não ocorram danos na parede divisória entre as duas edificações.

1. viga de espessura 45 mm ou duas com espessura 35 mm
2. prolongamento da parede divisória resistente ao fogo
3. proteção contra insetos
4. sapata de fundação

OBS: Não há exigência de resistência ao fogo para o piso

FIGURA 33. Sub-solo (corte)

Fonte: MULTI-residential timber framed construction: teacher commentary. (1999). (Construction, 2). adaptado pela autora.

A utilização da alça fixando a viga à uma peça de madeira, e a interrupção do revestimento da parede (1 - Figura 34) próximo à sua junção com o piso, permitem que na ocorrência de um incêndio, a viga do piso (3 - Figura 34) queime e caia sem prejudicar a parede acima dela.

FIGURA 34. Junção parede x piso (corte)

Fonte: MULTI-residential timber framed construction: teacher comemmentary. (1999).(Construction, 2). adaptado pela autora.

As paredes separatórias devem ser contínuas como ilustra a figura 35, do chão até a área interna da cobertura incombustível (áticos).

No ático, desde que não haja exigência de conforto acústico, é permitida a utilização de uma parede simples (3 - Figura 35) resistente ao fogo. A única peça de madeira que pode atravessar duas edificações é a peça de sustentação das telhas (1- Figura 35) com 50x75 mm, sendo o vão entre elas preenchido com isolante térmico (2- Figura 35).

FIGURA 35. Paredes separatórias em áticos (corte)

Fonte: MULTI-residential timber framed construction: teacher commentary. (1999). (Construction, 2). adaptado pela autora.

Pertencem às Classes 2 e 3 as edificações destinadas à moradia multifamiliar, tais como, prédios de apartamentos de pequeno porte, hotéis, motéis, asilos e clínicas de restabelecimento.

Como é comum possuírem múltiplos andares e distintas unidades de ocupação, se faz necessário garantir a compartimentação dos ambiente e a proteção das vigas de sustentação de pisos. Neste sentido é prevista a utilização de dispositivos corta-fogo bloqueando os vazios entre as vigas, como ilustram as indicações 1 e 3 da figura 36.

1. Dispositivo corta-fogo (ex. madeira maciça)
2. Forro com resistência ao fogo
3. Isolamento térmico (ex. lã mineral)

FIGURA 36. Junção parede-viga com iguais exigências de resistência ao fogo (corte)

Fonte: MULTI-residential timber framed construction: teacher commentary. (1999). (Construction, 4). adaptado pela autora.

Como se pode notar, nas edificações de Classe 2 e 3, as exigências de segurança são maiores que as de Classe 1. A especificação dos materiais de composição da parede por exemplo, proporcionam resistência ao fogo pelo período de 90 minutos, conforme as exigências do código, figura 37.

1. Montantes 90x35 mm ou 45x60 mm
2. Placa de revestimento 2/13 mm
3. Isolamento acústico $e=50$ mm

Espessura das paredes 237 mm
Altura máxima da parede 3000 mm.

FIGURA 37. Parede dupla, FRL 90/90/90 (planta)

Fonte: MULTI-residential timber framed construction: teacher commentary. (1999). (Construction, 4). adaptado pela autora.

O sistema construtivo entramado possibilita a utilização de diferentes revestimentos (que não somente madeira) para acabamento exterior. Normalmente são utilizados materiais incombustíveis.

É comum a presença de espaçamento entre a estrutura do entramado e o material de revestimento externo, para possibilitar que estes se movimentem de forma independente, sem comprometer a estabilidade do conjunto. No entanto a presença de vazios é um fator desfavorável à segurança contra incêndio, pois estes colaboram para a sua propagação.

Conforme o detalhe ilustrado pela da figura 38, é colocado um dispositivo corta-fogo (4 – Figura 38) obstruindo o vazio entre a estrutura entramada e o revestimento exterior, impedindo a livre passagem das chamas, gases quentes e fumaça durante a ocorrência de um incêndio.

FIGURA 38. Junção entre parede interna e parede externa, ambas com resistência ao fogo (planta)

Fonte: MULTI-residential timber framed construction: teacher commentary. (1999). (Construction, 4). adaptado pela autora.

Devem ser tomados cuidados com o detalhamento e construção das junções. Neste exemplo, o posicionamento do montante (1 – Figura 39) da parede sem resistência ao fogo, promove o bloqueio da passagem de gases e de chamas, impedindo sua livre movimentação no interior da parede com resistência, cujos montantes também estão posicionados de modo a impedir este avanço.

FIGURA 39. Junção entre paredes internas, onde somente uma apresenta resistência ao fogo (planta)

Fonte: MULTI-residential timber framed construction: teacher commentary. (1999). (Construction, 4). adaptado pela autora.

A ilustração de edificações de Classe 2 e 3, caracterizadas por serem residências multifamiliares (Figuras 40 e 41) apresentam dois recursos a fim de promover a compartimentação dos ambientes entre as diferentes unidades de ocupação:

- Através da extensão da parede separatória até o ático (Figura 40).
- Através da utilização de forro com resistência à propagação de chamas (Figura 41).

FIGURA 40. Proteção da cobertura por prolongamento da parede separatória até alcançar o ático

Fonte: MULTI-residential timber framed construction: teacher commentary. (1999).(Construction, 4). adaptado pela autora.

FIGURA 41. Proteção da cobertura por adoção de forro com resistência à propagação de chamas

Fonte: MULTI-residential timber framed construction: teacher commentary. (1999).(Construction, 4). adaptado pela autora.

A figura 42, indica a denominação das paredes referenciadas no texto explicativo sobre os detalhes construtivos.

FIGURA 42. Denominação das paredes

Fonte: MULTI-residential timber framed construction: teacher commentary. (1999).(Construction, 4). adaptado pela autora.

A resistência ao fogo proporcionada ao conjunto de elementos que compõem forro, piso e teto do sistema entramado é obtida através da utilização de revestimento com determinado grau de resistência ao fogo (placas de gesso acartonado, ou uma combinação destas com chapas de fibrocimento). Para garantir que haja a restrição de fumaça, calor e gases quentes, as interfaces e junções entre estes componentes com as paredes devem manter a resistência ao fogo prevista.

Em consequência do método construtivo do sistema entramado, no qual primeiramente são instalados os painéis entramados, para depois serem aplicados os revestimentos, nem sempre é possível utilizar peças de revestimento contínuas, o que possibilitaria maior integridade ao conjunto. Devido a isto, alguns cuidados com detalhes foram desenvolvidos a fim de proporcionar maior estanqueidade.

As junções são pontos vulneráveis à ação do fogo, e para proteger estas interfaces, diversos materiais são utilizados, tais como cantoneiras, selantes intumescentes, chapas de fibrocimento ou qualquer espécie de madeira, tanto coníferas quanto folhosas, sendo prevista uma densidade mínima em torno de 450Kg/m³, INFORMATION BULLETIN N^o1 (s/d).

As figuras 43 e 44, ilustram junções típicas onde se utilizam peças de madeira maciça em lugar de outros materiais com resistência ao fogo, desempenhando a função corta-fogo.

A espessura (ver Tabela 11) e a quantidade são descritas da seguinte forma: A resistência requerida para a peça de madeira (corta-fogo) em junções, é dada pela diferença entre o nível de resistência (FRL) exigido dos elementos que se conectam.

Exemplo:

Se uma parede com FRL 60/60/60 se conecta a uma parede sem resistência ao fogo, o elemento corta-fogo entre estas paredes, deve ter uma resistência de FRL 60/60/60.

TABELA 11.- Espessuras mínimas das peças de proteção de madeira

Diferença de resistência	Espessura mínima	Quantidade de peças
30/30/30	35 mm	1/35 mm ou 1/45 mm
60/60/60	45 mm	2/35 mm ou 1/45 mm
90/90/90	90 mm	3/35 mm ou 2/45 mm

Fonte: INFORMATION BULLETIN n^o1(s/d) Maintaining fire resistance at wall and floor junctions.

FIGURA 43. Junção parede x parede (planta) usando proteção com peça de madeira maciça

Fonte: INFORMATION BULLETIN nº1(s/d) Maintaining fire resistance at wall and floor junctions. Adaptado pela autora

FIGURA 44. Junção parede x piso (corte) usando proteção corta-fogo

Fonte: INFORMATION BULLETIN nº1(s/d) Maintaining fire resistance at wall and floor junctions. Adaptado pela autora.

As figuras 45 a 50, ilustram situações onde além do uso das peças de madeira maciça (corta-fogo), a proteção das junções é feita utilizando-se cantoneiras (35x35mm) selante intumescente ou placas de fibrocimento (combinado ou não com placas de gesso resistentes ao fogo). Importante notar que as paredes sem resistência ao fogo são todas desprovidas de carregamento.

FIGURA 45. Junção parede x parede (planta) usando proteção de madeira maciça e cantoneiras

Fonte: INFORMATION BULLETIN nº1(s/d) Maintaining fire resistance at wall and floor junctions. Adaptado pela autora.

FIGURA 46. Junção parede x piso (corte) usando proteção de madeira maciça e cantoneiras

Fonte: INFORMATION BULLETIN nº1(s/d) Maintaining fire resistance at wall and floor junctions. Adaptado pela autora.

FIGURA 47. Junção parede x parede (planta) usando proteção de madeira maciça e selante intumescente

Fonte: INFORMATION BULLETIN nº1(s/d) Maintaining fire resistance at wall and floor junctions. Adaptado pela autora.

FIGURA 48. Junção parede x piso (corte) usando proteção de madeira maciça e selante intumescente.

Fonte: INFORMATION BULLETIN nº1(s/d) Maintaining fire resistance at wall and floor junctions. Adaptado pela autora.

FIGURA 49. Junção parede x parede (planta) usando proteção de madeira maciça e revestimento com placas de fibrocimento

Fonte: INFORMATION BULLETIN nº1(s/d) Maintaining fire resistance at wall and floor junctions. Adaptado pela autora.

FIGURA 50. Junção parede x piso (corte) usando proteção de madeira maciça e revestimento com placas de fibrocimento

Fonte: INFORMATION BULLETIN nº1(s/d) Maintaining fire resistance at wall and floor junctions. Adaptado pela autora.

3.5 - JAPÃO

As constantes e históricas ocorrências de incêndios nas grandes cidades japonesas, ora causados por fenômenos naturais, ora por guerras ou atos criminosos, criaram marcos culturais no Japão, influenciados principalmente pela assimilação das freqüentes atividades de reconstrução.

O desenvolvimento econômico e social pelo qual passou o Japão no século XX, principalmente no pós-guerra, e para o qual contribuiu também o “cultural espírito de reconstrução”, se traduziram em muitas mudanças no planejamento urbano. A construção verticalizada, símbolo do poder e modernidade a serem vistos pelo mundo, gerou avanços tecnológicos na construção civil e na segurança contra incêndio, isto porque as edificações deveriam ser resistentes às catástrofes naturais que comumente ocorrem no Japão.

3.5.1 – Breve histórico

Para o Japão, o século XX é particularmente marcado como o período no qual surgiram regulamentações que atuaram efetivamente no controle de incêndios. Através de abordagem científica foram adotadas medidas de planejamento urbano, regulamentações construtivas e meios de combate aos incêndios.

Fazendo uso de uma seqüência cronológica, serão listadas algumas das principais realizações ocorridas durante este período e que contribuíram para o aperfeiçoamento das novas edificações e regulamentações visando a segurança contra incêndio:

- Em 1872, após um severo incêndio ocorrido na região central de Tokyo, surgiu o Departamento de obras, então vinculado ao Ministério das finanças;
- Em 1919 foi estabelecida a lei de planejamento urbano, a qual delimitava zonas de proteção contra incêndio e o código construtivo regulamentando sobre as edificações;
- Devido a precariedade das habitações emergenciais construídas após a II Guerra, no ano de 1948, foram estabelecidas regulamentações relacionadas à definição de zonas de incêndio e à resistência ao fogo das edificações,

objetivando principalmente a prevenção da propagação entre habitações de madeira.

- Em 1948 foi criada a Lei de Serviços de Combate a Incêndios, responsável pelos sistemas e equipamentos de combate a incêndios, assim como gerenciamento e investigação de incêndios;
- Considerando aspectos de segurança contra incêndio, o *Building Standard Law* foi promulgado em 1950.

Desde sua criação até os dias atuais, o *Building Standard Law* foi alvo de freqüentes reformulações que resultaram em regulamentações rigorosas com relação a segurança contra incêndio. Mais recentemente entre 1993 e 1997, estas revisões se direcionaram em busca da harmonização deste código construtivo com os padrões aceitos internacionalmente, adotando critérios baseados em desempenho ONO (1999).

Considerando a segurança contra incêndio em nível urbano, a maioria das cidades japonesas possuem três tipos de zonas: zona de proteção contra incêndio, semi-proteção e zonas livres. Somente nas duas primeiras zonas são aplicadas as exigências concernentes a segurança contra incêndio, nas quais as construções devem ser de três tipos, conforme a tabela 12, na seqüência.

TABELA 12 - Tipos de edificações segundo o *Building Standard Law*

Tipo	Descrição
Resistentes ao fogo	Concreto reforçado, estruturas de aço com proteção ao fogo, alvenarias cujas vigas, colunas e paredes resistam a pelo menos 3 horas, segundo testes padronizados.
Semi-resistentes ao fogo	Estruturas de aço sem proteção, estruturas de madeira com proteção que garanta uma resistência ao fogo de no mínimo 45 a 60 minutos
Construção protegida contra fogo	Edificação que necessita de proteção por material de acabamento incombustível, pois sua estrutura é vulnerável ao fogo

Fonte: ONO, R. (1999). The social and cultural influences on the human behavior in fires and in fire prevention in Japan, final report. Kyoto, Japan. p. 111.

A altura das construções em madeira não podem exceder 13,00 m, a partir do chão até a cobertura, ou 9,00 m medidos do chão até o forro, a área total construída também é limitada a 3.000 m² para qualquer zona, ONO (1999).

Nas zonas de semi-proteção, as edificações de madeira tradicionais são permitidas desde que haja um afastamento mínimo de 3,00 m da edificação até o limite do lote (para o pavimento térreo) e de 5,00 m (para o segundo pavimento).

Como se pode observar estas orientações acabam por inviabilizar as construções de madeira pois raramente são encontrados lotes disponíveis com área suficiente que permita esses afastamentos.

3.5.2 - Detalhes construtivos

Os sistemas construtivos em madeira utilizados no Japão são: o sistema convencional (tradicional e o tradicional simplificado), o entramado e o pré-fabricado de madeira, INO (1992).

Uma leitura sobre o sistema tradicional simplificado (Figura 51) esclarece que mesmo utilizando revestimento incombustível recobrindo as peças de madeira (reboco, estuque) e uso de isolantes térmicos, se faz necessária a obstrução dos vazios entre os elementos construtivos, impedindo a passagem das chamas, fumaça e gases aquecidos.

Os exemplos apresentados a seguir se restringem a alguns aspectos da proteção contra incêndio destinada a residências unifamiliares de madeira.

No sistema construtivo tradicional, o ponto frágil com relação à segurança contra incêndio está presente nos vãos internos às paredes e forros (Figura 52) que têm a função de promover o arejamento da construção, mas que por outro lado, proporcionam condições favoráveis à rápida propagação do incêndio entre ambientes distintos.

FIGURA 51. Sistema tradicional simplificado (planta e perspectiva da parede)

Fonte: NIHON JUUTAKU MOKUSAI GUIJUTSU CENTER (1983) p.8.

FIGURA 52. Parede do sistema tradicional simplificado (corte)

Fonte: NIHON JUUTAKU MOKUSAI GUIJUTSU CENTER (1983) p.8.

Dependendo do material utilizado para cobertura, comumente ocorrem duas situações:

- caso o material seja incombustível, tal como telha de zinco, a radiação térmica promovida por este material atinge a madeira de sustentação (caibros, ripas) promoverá o aquecimento destas peças até a temperatura de ignição e sua destruição pela ação do fogo;
- caso o material seja telha cerâmica, o risco de propagação de incêndio se dará através das frestas entre as telhas por onde adentram faíscas conduzidas pelo vento atingindo o madeiramento de sustentação.

FIGURA 53. Avanço das chamas através do beiral (corte) - sistema tradicional simplificado

Fonte: NIHON JUUTAKU MOKUSAI GUIJUTSU CENTER (1983) p.9.

A figura 53 apresenta uma situação desfavorável à proteção contra incêndio e que deve ser evitada na fase de detalhamento de coberturas. Os cuidados a serem observados se referem a:

- uso de tabeiras de madeira revestidas com materiais incombustíveis ou feitas de materiais inflamáveis;
- preencher o vão entre a terça (frechal) e a cobertura com dispositivos corta fogo ou isolantes térmicos, visando impedir a passagem das chamas para o interior da cobertura;

- a adoção do forro do beiral ventilado e revestido com material combustível é um fator desfavorável à segurança contra incêndio, pois normalmente as chamas vindas da superfície da parede externa alcançarão o interior da cobertura por este caminho.

Estudos conduzidos no Japão demonstram que a propagação de incêndios entre edificações ocorrem inicialmente através do beiral, da varanda e dos puxados, por serem projeções da edificação, e mais vulneráveis à ação do fogo. Caso a origem do incêndio seja interna à edificação, as chamas atingem as janelas e através da parede externa alcançam o beiral ou qualquer outra projeção.

Este fato reforça a importância dos cuidados a serem considerados visando a proteção destes elementos na edificação. É recomendável o uso de madeira com espessuras mínimas que prolonguem seu tempo de queima, mantendo assim a estabilidade do conjunto. Deve ser evitado também, o uso de acabamentos decorativos e chapa de madeira compensada sem resistência ao fogo, em beirais, tabeiras e vigas.

Comparativamente o puxado tipo caixão (Figura 54) se mostra mais eficiente que o puxado aberto (Figura 55) por não expor os elementos de composição da cobertura (ripas, caibros) à ação direta do fogo; outro detalhe favorável neste exemplo, é o emprego de material de revestimento da parede externa com resistência ao fogo e sua utilização também na cobertura, dando continuidade à superfície de materiais resistentes.

No entanto, mesmo utilizando material resistente sobre a superfície da parede externa (Figura 54) a interrupção deste revestimento é desfavorável à estanqueidade do conjunto, pois permite a passagem das chamas para o interior da cobertura ou da edificação. O correto é a utilização ininterrupta deste revestimento.

O puxado aberto ilustrado pela figura 55, utiliza cobertura metálica, que embora seja um material incombustível, deve ser usada com reserva, por ser uma boa condutora de energia térmica. Sua utilização torna necessário o uso conjunto de materiais que a isolem do contato direto com o madeiramento.

FIGURA 54. Puxado de madeira tipo caixão

Fonte: NIHON JUUTAKU MOKUSAI GUIJUTSU CENTER (1983) p.43.

FIGURA 55. Puxado de madeira, aberto

Fonte: NIHON JUUTAKU MOKUSAI GUIJUTSU CENTER (1983) p.43.

Na figura 56, cabe destacar alguns cuidados com detalhes que são favoráveis à proteção contra incêndio:

- a tabeira como um elemento de acabamento desempenha um importante papel de vedação da área interna ao forro;
- a utilização de telha cerâmica complementada por uma superfície de madeira e sobre esta o feltro impregnado com material asfáltico;
- a parede externa revestida com material incombustível.

FIGURA 56. Beiral de madeira com forro inclinado

Fonte: NIHON JUUTAKU MOKUSAI GUIJUTSU CENTER (1983) p.43.

A figura 57, ilustra um beiral cujos cuidados com o isolamento lhe coloca em um grau de vantagem sobre o exemplo anteriormente comentado. Os detalhes a serem ressaltados são: o revestimento com estuque confere maior resistência ao conjunto, por não expor diretamente a madeira à fonte de calor; o uso contínuo deste acabamento tanto no forro quanto na parede exterior da edificação e o uso de reboque como enchimento da tabeira.

FIGURA 57. Beiral de madeira com forro inclinado revestido por estuque

Fonte: NIHON JUUTAKU MOKUSAI GUIJUTSU CENTER (1983) p.43.

A figura 58, apresenta um beiral tipo caixão, no qual o uso de reboque colabora para o isolamento da madeira do contato direto com as chamas em caso de incêndio.

Neste exemplo a cobertura é feita por telhas de zinco, o que pressupõe a utilização de material isolante sobre a madeira de sustentação, para que a radiação térmica transmitida pela telha não provoque o aquecimento do madeiramento até o ponto de ignição destes elementos de composição da cobertura.

FIGURA 58. Beiral de madeira tipo caixão

Fonte: NIHON JUUTAKU MOKUSAI GUIUTSU CENTER (1983) p.43.

Em geral a expansão do fogo ocorre do pavimento térreo para os andares superiores, através das aberturas da fachada (janelas, portas, saídas de exaustores). Caso as janelas do pavimento superior se encontrem alinhadas com as do térreo, a expansão das chamas atingirá o interior do segundo pavimento mais rapidamente, sendo favorável que o projeto contemple o não alinhamento das aberturas.

Caso o alinhamento ocorra em aberturas de portas, a presença de terraços servirá como um eficiente recurso contra a expansão do fogo, sendo recomendado que estes devam possuir projeção mínima de 500 mm.

Devido a questões estéticas, é comum o uso de barroteamento ou vigamento aparente, sendo estes executados com uma peça contínua de madeira que parte dos cômodos internos até a varanda ou puxado. No entanto, varandas ou terraços construídos desta forma, estão mais vulneráveis à propagação de chamas para o interior da edificação, através destas peças.

No exemplo mostrado pela figura 59, o uso de forro executado com material não resistente ao fogo, propicia a rápida expansão das chamas, fato que é agravado pela ausência de dispositivos corta-fogo que impeçam o avanço das chamas para as vigas de sustentação da varanda e interior da moradia. Fato similar ao que ocorre nos exemplos anteriormente citados e ilustrados através das figuras 54 e 55.

O desenho de terraço apresentado pela figura 60, apresenta vantagens quando comparado ao apresentado na figura 59. Isto se deve à continuidade no acabamento entre a parede externa e o terraço, feita com material resistente ao fogo, e além disto, observa-se a ausência de aberturas entre o espaço livre interno do terraço e a parede externa da edificação, que atua como bloqueio à passagem de chamas.

FIGURA 59. Terraço com forro tipo caixão

Fonte: NIHON JUUTAKU MOKUSAI GUIJUTSU CENTER (1983) p.44.

FIGURA 60. Terraço com forro tipo caixão e interior protegido por chapa metálica

Fonte: NIHON JUUTAKU MOKUSAI GUIJUTSU CENTER (1983) p.44.

Os cuidados para evitar a conflagração entre distintas habitações elegem os materiais de acabamento exterior e interior, limites de altura; área construída e espaçamentos entre residências, como os principais alvos a serem trabalhados em detalhamento.

Os materiais de acabamento externo interferem diretamente no tempo de resistência da parede exposta ao fogo. Esta por sua vez, deve manter-se estanque e impedir que as chamas se propaguem para o interior da edificação.

Caso a edificação utilize estuque sobre a superfície de madeira (sistema bastante comum no Japão) os cuidados devem se ater às possíveis rachaduras que ao longo da ação de intempéries podem aumentar ou causar o desprendimento do acabamento permitindo a entrada de chamas, fumaça ou gases aquecidos. Para prevenir a possível ocorrência de fissuras no reboco é recomendado que as juntas sejam dispostas de forma a não se encontrarem, como ilustra a figura 61, a exemplo da coincidência de juntas (Figura 62) que se apresenta como situação a ser evitada ao se projetar e executar a parede.

FIGURA 61. Acabamento de parede exterior no qual a junta da base de madeira coincide com a junta do painel (forma incorreta)

Fonte: NIHON JUUTAKU MOKUSAI GUIJUTSU CENTER (1983) p.45.

FIGURA 62. Acabamento de parede exterior no qual a junta da base de madeira não coincide com a junta do painel (forma correta)

Fonte: NIHON JUUTAKU MOKUSAI GUIJUTSU CENTER (1983) p.45.

No Japão, as frestas entre as tábuas de revestimento são preenchidas por material selante (sem propriedades de resistência ao fogo) visando a estanqueidade da parede contra a ação de ventos e chuva. No entanto, quando o material de acabamento exterior for feito de madeira, alguns cuidados podem ser considerados, pois em relação a proteção contra incêndio este recurso é nulo (Figuras 63 e 64).

Considerando a utilização de um selante comum entre as frestas, um novo desenho utiliza (Figura 65) uma peça de madeira auxiliar garantindo um resultado mais satisfatório, por vezes dispensando o uso do selante.

FIGURA 63. Acabamento de parede exterior com tábuas de madeira e vedação de juntas com selante (planta)

Fonte: NIHON JUUTAKU MOKUSAI GUIJUTSU CENTER (1983) p.46.

FIGURA 64. Acabamento de parede exterior com tábuas de madeira e vedação de juntas com selante (corte)

Fonte: NIHON JUUTAKU MOKUSAI GUIJUTSU CENTER (1983) p.46.

FIGURA 65. Acabamento de parede exterior com tábuas de madeira e vedação de juntas com selante e peça de madeira (planta)

Fonte: NIHON JUUTAKU MOKUSAI GUIJUTSU CENTER (1983) p.46.

Outro recurso utilizado para fechamento de frestas é a colocação de conectores. Embora o mercado ofereça conectores plásticos, é recomendável que em ambientes externos sejam empregados os feitos de material incombustível (Figuras 66 e 67).

FIGURA 66. Acabamento de parede exterior com tábuas de madeira e vedação de fresta com conector incombustível (planta)

Fonte: NIHON JUUTAKU MOKUSAI GUIJUTSU CENTER (1983) p.46.

FIGURA 67. Acabamento de parede exterior com tábuas de madeira e vedação de fresta com conector incombustível (corte)

Fonte: NIHON JUUTAKU MOKUSAI GUIJUTSU CENTER (1983) p.46.

As figuras 68 e 69 e 70 ilustram a situação onde as tábuas de acabamento externo (*sidings*) são sobrepostas umas às outras, neste caso os cuidados devem se ater à fixação das tábuas, pois normalmente as extremidades destas envergam quando sob a ação do fogo, e tendem a se soltarem. Considerando este fator desfavorável são recomendadas dimensões mínimas de sobreposição para evitar o surgimento de frestas (Figuras 69 e 70).

FIGURA 68. Acabamento de parede exterior com tábuas de madeira e vedação de juntas com chapa metálica (planta)

Fonte: NIHON JUUTAKU MOKUSAI GUIJUTSU CENTER (1983) p.46.

FIGURA 69. Acabamento de parede exterior com tábuas de madeira e vedação de juntas com chapa metálica (corte)

Fonte: NIHON JUUTAKU MOKUSAI GUIJUTSU CENTER (1983) p.46.

FIGURA 70. Acabamento de parede exterior com tábuas de madeira e vedação de juntas com chapa de zinco (planta e corte)

Fonte: NIHON JUUTAKU MOKUSAI GUIJUTSU CENTER (1983) p.46.

Além das juntas plásticas e metálicas, outras juntas comumente utilizadas são as feitas de madeira, chamadas mata-junta. A utilização deste material requer alguns cuidados por se tratar de um material combustível.

Nota-se na figura 71 que a junção das tábuas é em topo e ocorrem sob a mata-junta, promovendo a vedação da fresta, nota-se que as tábuas de recobrimento externo são sobrepostas. Uma variação deste detalhe (Figura 72) incorpora a placa de gesso sob o revestimento externo.

FIGURA 71. Acabamento de parede exterior com tábuas de madeira e vedação com mata-junta (planta e corte)

Fonte: NIHON JUUTAKU MOKUSAI GUIJUTSU CENTER (1983) p.46.

FIGURA 72. Acabamento de parede exterior com tábuas de madeira e vedação com mata-junta (planta)

Fonte: NIHON JUUTAKU MOKUSAI GUIJUTSU CENTER (1983) p.46.

Algumas considerações sobre as aberturas da edificação quanto ao alinhamento foram traçadas anteriormente. Com respeito a dimensões recomendáveis para os batentes de portas e janelas de alumínio, a recomendação de espessura mínima é 2,00 mm, caso sejam de aço a espessura mínima deve ser 0,8 mm.

Embora o vidro aramado diminua a visualização e por questões estéticas não seja o mais indicado, promove aumento da resistência deste material e mesmo não tendo seu uso obrigatório por lei, é recomendável sua aplicação. Esta resistência se deve ao fato de ter maior conteúdo de sílica e por ter incorporada uma tela de arame de ferro que não só ajuda a absorver impactos à flexão, mas também possibilita maior segurança em caso de ruptura e resistência ao fogo.

A cobertura das edificações são mais suscetíveis às faíscas, visto terem uma superfície maior e normalmente quando há presença de calhas, o acúmulo de material combustível (folhas secas) alimenta a combustão. A escolha do material de cobertura deve considerar este risco, a orientação para melhor estanqueidade da cobertura, é colocar sob as telhas uma base de madeira e sobre esta um material impermeável (manta impregnada com material asfáltico).

Quando é utilizada a telha metálica, o aumento de temperatura fará com que suas juntas se rompam, permitindo a passagem das chamas. Devido a isto é recomendável que a base destas telhas não seja de material combustível, caso sejam utilizadas chapas de madeira compensada, estas devem ser espessas, proporcionando assim um desempenho próximo àquele das chapas metálicas.

3.6 - SUIÇA

As orientações construtivas para proteção de edificações em madeira aqui apresentadas são originadas da União Suíça em favor da madeira – Lignum, juntamente com a norma Suíça de proteção contra incêndio AEIA¹ resultante de um acordo estabelecido entre os 19 cantões suíços.

Reconhecida por profissionais do setor da construção civil e indústria de componentes e materiais de construção, a produção da Lignum vem contribuindo para a utilização racional da madeira através de pesquisas, orientações e detalhes construtivos elaborados por esta reconhecida instituição.

A Suíça não possui Código construtivo, ou seja as medidas visando a segurança das edificações são obtidos através de pesquisas publicadas por entidades de idoneidade reconhecida, tais como a SIA, Sociedade Suíça de engenheiros e arquitetos.

3.6.1 - Introdução

As orientações da AEIA quanto a proteção de habitações residenciais, apresentadas neste trabalho estão voltadas à resistência das paredes e junção destas com outros elementos da construção, à compartimentação dos ambientes, proteção de beirais e cozinha. Algumas considerações elaboradas pela AEIA sobre os elementos construtivos são apresentadas na seqüência sobre: as estruturas, a compartimentação e paredes e coberturas.

¹ AEAI (1993): Norme et directives de protection incendie. Association des établissements cantonaux d'assurance incendie, Berne.

1. Estruturas

A determinação do nível de resistência ao fogo das estruturas de uma edificação de madeira é determinado levando-se em consideração: o número de andares; o uso da edificação, o risco de incêndio, a carga térmica da edificação ou compartimento.

Os valores de resistência são estabelecidos pela norma de proteção de incêndio AEIA (1993) ver tabela 13.

TABELA 13 - Exigências de resistência ao fogo

Carga térmica - definição	Carga térmica (Q) do compartimento (MJ/m ²)	Resistência requerida (minutos)
muito baixa	Até 250	Até 30
baixa	251 à 500	30
média	501 à 1000	60
elevada	> 1000	90 à 180

Fonte: PROTECTION incendie dans la construction em bois. (1998).

2. Compartimentação

A compartimentação de um ambiente visa impedir a passagem de fogo, fumaça e gases à outro compartimento ou ambiente próximo, durante um determinado período de tempo, além de permitir o combate eficaz do incêndio.

Ao se compartimentar um ambiente são considerados as seguintes variáveis:

- Sua localização;
- Tamanho;
- Uso;
- Risco de incêndio e
- Exigências da legislação.

A compartimentação é realizada fazendo uso dos seguintes elementos:

- Paredes que compõem o compartimento resistente ao fogo;

- Piso e
- Aberturas (de portas, janela, dutos etc).

Os seguintes locais são passíveis de compartimentação:

- Edificações contíguas e de grande superfície;
- Andares;
- Corredores e escadas que servem como rota de fuga;
- Elevadores e dutos de ventilação e
- Locais em ambientes que apresentem usos e riscos de incêndio diferentes.

A utilização da madeira em ambientes compartimentados pode acontecer de forma parcial ou total, como revestimento superficial, madeira protegida por revestimento incombustível ou madeira combinada com outros materiais (ex. madeira-concreto).

Sua aplicação está associada a classe de resistência ao fogo do ambiente e a possibilidade de utilização de material combustível ou não nos elementos de composição do local (Tabela 14).

3. Paredes e coberturas

As paredes são componentes de vedação, que podem ou não assumir função portante, ou seja, recebem ou não carregamento. Outra distinção feita a este componente e que é bastante trabalhada na questão da proteção contra incêndio, é o estabelecimento de graus de resistência como ilustrado na tabela 13.

As paredes exteriores merecem especial atenção, principalmente quando apresentarem superfície combustível, aberturas ou mesmo projeções volumétricas como por exemplo varandas e balcões. Grandes superfícies combustíveis devem ser intercaladas por materiais incombustíveis.

Quando as paredes exteriores formarem ângulo entre si, é necessário que impeçam a propagação do fogo de uma fachada à outra. Em edificações de baixa ou média carga térmica que possuam até dois andares, estas paredes devem garantir resistência ao fogo por 90 minutos.

TABELA 14 - Utilização da madeira segundo as diferentes classes de resistência ao fogo

Resistência ao fogo		Definição	Utilização da madeira
nenhuma	Nenhuma exigência	<ul style="list-style-type: none"> A madeira pode ser usada normalmente Assume função portante Não pode constituir compartimentação 	Livre utilização
mínima	Dimensões mínimas de seção	<ul style="list-style-type: none"> Sujeita a dimensionamento mínimo de seção Assume função portante Não pode constituir compartimentação 	Utilização com certas restrições
	nbb (incombustível)	<p>Alternativa para aplicação da madeira satisfazendo a exigência de incombustibilidade das estruturas portantes.</p> <ul style="list-style-type: none"> Superfícies de madeira expostas, não são toleradas Assume função portante Não pode constituir compartimentação 	
	F30bb	<ul style="list-style-type: none"> Capacidade de resistência de 30 minutos, em caso de incêndio Quando constituir compartimentação, deve assegurar a estanqueidade e isolamento térmico por 30 minutos Pode apresentar superfície inflamável F30bb é o índice mínimo de resistência adotado na compartimentação. 	
30 minutos	F30	<ul style="list-style-type: none"> Capacidade de resistência de 30 minutos, em caso de incêndio Quando constituir compartimentação, deve assegurar a estanqueidade e isolamento térmico por 30 minutos Não pode apresentar superfície inflamável 	Utilização em casos especiais
60 minutos	F60	<ul style="list-style-type: none"> Devem garantir uma resistência ao fogo por 60 minutos Quando constituir compartimentação, deve assegurar a estanqueidade e isolamento térmico por 60 minutos Os elementos de construção com índice F60, não podem ser inflamáveis devem ser feitos de material incombustível. 	
90 minutos	F90	<ul style="list-style-type: none"> Devem garantir resistência por 90 minutos Quando constituir compartimentação, deve assegurar a estanqueidade e isolamento térmico por 90 minutos Não podem ser inflamáveis Devem ser feitos de material incombustível 	
120 (180/240 minutos)	F120 (180/240)	<ul style="list-style-type: none"> Devem garantir resistência por 120 (180/240) minutos Assegurar a estanqueidade durante 120 (180/240) minutos Não podem ser inflamáveis devem ser feitos de material incombustível 	Não pode ser utilizada

Fonte: PROTECTION incendie dans la construction em bois. (1998) p.30, adaptado pela autora.

Quando for inevitável a presença de janelas nestes locais, somente serão admitidas as de vidro que apresentem resistência por 30 minutos e que sejam fixas.

Além disto a presença de janelas, independente da angulação da parede, deve se dispor de forma desalinhada umas em relação as outras, principalmente em se tratando de edificações assobradadas.

Caso a junção entre parede e piso formam compartimentação, a resistência ao fogo destes elementos devem ser iguais aos da estrutura da edificação como um todo, sendo a exigência de resistência mínima F30bb.

As paredes que não recebem carregamento, devem apresentar espessura mínima de 80mm, e quando isto não for possível, ou quando o pé-direito ultrapassar 3000mm, a estabilidade destes elementos deve ser atestada.

Em edificações combustíveis, o comportamento dos materiais é avaliado segundo a combustibilidade e densidade da fumaça produzida.

O que efetivamente determina o grau de resistência de um elemento construtivo (parede, piso, cobertura, viga) de madeira é o material que o reveste e a reação ao fogo deste material.

Assim como é prevista a resistência ao fogo dos elementos construtivos, também é estabelecida a classificação dos materiais de construção através do Índice de Incêndio (I-I) resultado da combinação de dois outros índices relacionados a reação ao fogo dos materiais, obtidos através de ensaios em laboratório: a densidade da fumaça (Tabela 15) e o grau de combustibilidade (Tabela 16).

TABELA15 - Densidade ótica da fumaça

1	Forte formação de fumaça
2	Média formação de fumaça
3	Fraca formação de fumaça

Fonte: PROTECTION incendie dans la construction em bois. (1998) p.215.

TABELA 16 - Grau de combustibilidade dos materiais de construção

Grau de combustibilidade		Descrição
1 e 2	Facilmente combustíveis	Materiais que inflamam e se consomem muito rapidamente. Este tipo de material não é classificado e admitido como material de construção.
3	Facilmente combustíveis	Materiais de construção facilmente inflamáveis e que se consomem rapidamente mesmo sem a presença de chamas
4	Média combustibilidade	Materiais de construção medianamente inflamáveis e que continuam a queimar por um longo período mesmo sem a presença de chama.
5	Difícilmente combustíveis	Materiais de construção dificilmente inflamáveis que não se consomem ou carbonizam. Quando ocorre a interrupção das chamas, o fogo se extingue.
5 (200°C)	Difícilmente combustível à 200°C	Materiais que atendem as exigências de grau de combustibilidade 5, sob temperatura ambiente de 200°C.
6q	Quase incombustível	Materiais com pouca quantidade de componentes combustíveis e praticamente considerados incombustíveis.
6	incombustível	Materiais de construção sem composição combustível, não inflamável e que não carbonizam.

Fonte: PROTECTION incendie dans la construction em bois. (1998) p.215.

Exemplo 1:

O índice de incêndio (I-I) de um painel de madeira particulada é 4.3, em outros termos isto significa que este material possui um grau de combustibilidade médio e uma fraca produção de fumaça.

Exemplo 2:

Um painel de fibra mineral com I-I 6q.3, corresponde a um material quase incombustível e que apresenta fraca produção de fumaça.

3.6.2 - Detalhes construtivos

A resistência requerida para uma parede separatória entre duas edificações residenciais unifamiliares é de 90 minutos.

Caso esta parede seja de madeira o nível de resistência requerido pode ser atingido através da combinação de revestimentos com características incombustíveis e ou de isolamento térmico (Figuras 73 e 74).

Nota-se que o desempenho de resistência da parede de uma edificação de madeira está estreitamente relacionado às superfícies de recobrimento do entramado.

FIGURA 73. Parede de separação entre duas residências unifamiliares (F90)

Fonte: Lignum (1998) p.201

FIGURA 74. Parede de separação entre duas residências unifamiliares, segundo DIN 4102.

Fonte: DIN 4102 (1994) ¹ apud PROTECTION incendie dans la construction em bois. (1998) p.201.

A compartimentação entre duas habitações é alcançada através de cuidados direcionados não somente à parede, mas também às junções desta com outros elementos da construção, tais como pisos, telhado e entre outras paredes (Figuras 75-81).

Para complementar as informações das ilustrações que se seguem, consultar a legenda abaixo:

Legenda

a	Espaço interno
b	Placa de material incombustível, com mínimo I-I 6q.3
c	Isolamento térmico incombustível com I-I mínimo 6q.3
d	Isolamento incombustível

¹ DIN, (1994): Norm 4102, Teil 4, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen Beuth Verlag, Berlin apud PROTECTION incendie dans la construction em bois. (1998). Zurich, SIA/LIGNUM.

FIGURA 75. Ligação parede x cobertura (corte)

Fonte: PROTECTION incendie dans la construction em bois. (1998) p.204.

FIGURA 76. União de parede exterior comum a duas edificações unifamiliares (planta)

Fonte: PROTECTION incendie dans la construction em bois. (1998) p.204.

FIGURA 77. Interface parede x telhado entre duas edificações com coberturas escalonadas (corte)

Fonte: PROTECTION incendie dans la construction em bois. (1998) p.204.

FIGURA 78. Interface entre paredes de duas edificações com recuos de fachada diferentes

Fonte: PROTECTION incendie dans la construction em bois. (1998) p.204.

FIGURA 79. Ligação entre parede resistente ao fogo e cobertura

Fonte: PROTECTION incendie dans la construction em bois. (1998)p.168.

FIGURA 80. Ligação entre parede resistente ao fogo e cobertura (variação 1)

Fonte: PROTECTION incendie dans la construction em bois. (1998) p.168.

FIGURA 81. Ligação entre parede resistente ao fogo e cobertura (variação 2)

Fonte: PROTECTION incendie dans la construction em bois. (1998) p.169.

FIGURA 82. Ligação entre parede resistente ao fogo e beiral com forro aplicado sobre os caibros (corte)

Fonte: PROTECTION incendie dans la construction em bois. (1998) p.170.

FIGURA 83. Ligação entre parede resistente ao fogo e beiral com caibros aparentes (corte)

Fonte: PROTECTION incendie dans la construction em bois. (1998) p.170.

As figuras 84, 85 e 86 exemplificam ligações entre um piso resistente ao fogo e paredes simples que não apresentam resistência ao fogo, de modo a se obter o melhor desempenho destas ligações quanto a proteção contra incêndio. As figuras 87 e 88 ilustram a ligação entre parede e piso, ambos com resistência ao fogo.

Legenda

e	isolamento térmico combustível (F30bb)
---	--

FIGURA 84. Ligação entre uma parede sem resistência ao fogo x piso resistente ao fogo (corte).

Fonte: PROTECTION incendie dans la construction em bois. (1998) p.162.

FIGURA 85. Ligação entre uma parede sem resistência ao fogo x piso resistente ao fogo (corte) variação 1.

Fonte: PROTECTION incendie dans la construction em bois. (1998) p.162.

FIGURA 86. Ligação entre uma parede sem resistência ao fogo x piso resistente ao fogo (corte) variação2

Fonte: PROTECTION incendie dans la construction em bois. (1998) p.162.

FIGURA 87. Ligação entre parede resistente ao fogo x piso resistente ao fogo (corte)

Fonte: PROTECTION incendie dans la construction em bois. (1998) p.163.

FIGURA 88. Ligação entre uma parede resistente ao fogo x piso resistente ao fogo (corte variação 1)

Fonte: PROTECTION incendie dans la construction em bois. (1998) p.208.

As cozinhas são divididas em classes, segundo o tipo de combustível utilizado: gás, eletricidade, combustível sólido ou líquido. Em cozinhas residenciais a gás, as paredes da zona de cocção devem ser executadas para terem uma resistência ao fogo F30bb ao longo de toda sua altura e possuir uma largura de 800 mm, como ilustram as figura 89, 90, 91.

Para complementar as informações das ilustrações que se seguem, consultar a legenda:

Legenda

1	Revestimento incombustível (F30; e> 60 mm)
2	Revestimento F30bb
3	Espaço aberto ou móvel incombustível
4	Alvenaria

FIGURA 89. Revestimentos de proteção para cozinha à gás

Fonte: PROTECTION incendie dans la construction em bois. (1998) p.196.

FIGURA 90. Revestimento de proteção para cozinha à gás (planta)

Fonte: PROTECTION incendie dans la construction em bois. (1998) p.197.

FIGURA 91. Revestimentos de proteção para cozinha à gás (corte)

Fonte: PROTECTION incendie dans la construction em bois. (1998) p.197.

3.7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pôde ser comprovado que historicamente a implementação de regulamentações construtivas eficazes representou um significativo aumento na segurança das edificações contra os incêndios.

Os quatro países apresentados neste trabalho (Canadá, Austrália, Japão e Suíça) adotam sistemas construtivos distintos, mas apesar disto, pode-se dizer que as regulamentações construtivas destes países possuem intervenções bastante similares entre si. Dentre eles, dois já possuem os códigos baseados em desempenho (Japão e Austrália) e um prestes a ser implementado (Canadá).

Todos os códigos construtivos apresentados e mesmo a Suíça, classificam as edificações segundo a utilização a que se destina, como avaliação dos riscos das atividades desempenhadas na edificação.

Os detalhes construtivos apresentados têm caráter complementar. Se destinam a residências unifamiliares, com pequenas exceções (residências multifamiliares de 2 a 3 andares) visando enriquecer os detalhamentos e acrescentar mais informações sobre o tema, visto que as exigências quanto a segurança contra incêndio para residências unifamiliares se traduzem mínimas.

Considerações sobre as regulamentações construtivas dos quatro países apresentados

O Canadá é um país que faz intenso uso da madeira na construção habitacional e que possui a regulamentação de sua utilização orientada por um código construtivo aliado ao código nacional de incêndios, baseada em apenas dois sistemas construtivos em madeira: o sistema entramado e o sistema de madeira maciça.

Os cuidados relacionados a proteção contra incêndio apresentados, envolvem aspectos relacionados direta e indiretamente a edificação, como por exemplo: o tipo de uso da edificação e o respectivo grau de risco a ela associado, o número de ruas as quais a edificação faceia, a utilização de sistema de proteção como chuveiros

automáticos, as características de reação e resistência dos materiais ao fogo, barreiras de proteção contra fogo e os dispositivos corta-fogo entre outros.

Os detalhes construtivos visando a segurança contra incêndio para o sistema entramado plataforma, consistem na utilização de revestimentos que lhe confirmam maior resistência ao fogo e com a compartimentação dos ambientes. Quanto ao sistema de madeira maciça estes cuidados são direcionados principalmente ao dimensionamento das seções das peças utilizadas na composição do sistema, nos encaixes e proteção.

A Suíça não possui a cobrança compulsória do código construtivo, o que não significa que a segurança contra incêndio seja negligenciada pela construção civil e autoridades, ela ocorre através do comprometimento com a qualidade e segurança por parte dos construtores e da sociedade.

Pode ser observada a maior ênfase na caracterização dos materiais (reação ao fogo) para promover a resistência dos componentes e a compartimentação do ambiente e que não há a indicação dos dispositivos corta-fogo e barreiras de proteção contra fogo, pois estes estão incorporados aos elementos construtivos.

A Austrália adota um código baseado em desempenho, e sua contribuição com os detalhes, mostra uma preocupação acentuada na elaboração das junções parede/parede e parede/piso, visando a estanqueidade dos elementos. Assim como o Canadá, Suíça e Japão, a Austrália faz uso de materiais incombustíveis para fechamento e composição de paredes e pisos.

No Japão os exemplos do sistema construtivo tradicional simplificado, revelam o cuidado em bloquear os vazios internos aos componentes da edificação, cuidados que se estendem a detalhes de junções e com as partes da edificação que se projetam além da superfície das paredes externas (beirais e balcões).

CAPÍTULO 4 – A segurança contra incêndio no Brasil

Este capítulo traça um panorama geral sobre as questões relacionadas à segurança contra incêndio no Brasil: fazendo comentários sobre o Código Construtivo do Município de São Paulo, que possui regulamentação relacionada à segurança contra incêndio; e tratando da iminente implementação de uma norma de desempenho para habitações.

4.1 PANORAMA BRASILEIRO

No Brasil, os códigos de construção não são uniformes, variam de uma cidade para outra. Estes códigos são tradicionalmente baseados em julgamentos empíricos e possuem um caráter descritivo, o que explica a ausência de orientações abrangentes para outros sistemas construtivos que não os tradicionais (alvenarias, estruturas metálicas e concreto).

Analisando o que se pratica no Município de São Paulo, a aprovação de um projeto deve atender às diretrizes do Código Sanitário, do Código de Obras e Edificações do Município e do Corpo de Bombeiros. Mas, dependendo do porte da edificação, como o caso de residências unifamiliares térreas ou assobradadas, não há qualquer orientação, além daquelas previstas no Código de obras local. O Decreto nº 38.069-PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO (1993) isenta as edificações destinadas a residências unifamiliares das especificações do Decreto.

A adoção de normalização junto a construção civil no Brasil, no entanto, surgiu à medida que a indústria brasileira neste setor ganhava expressão. Até então, a normalização existente era o resultado de um processo fundamentalmente descritivo e quantitativo, e não considerava o resultado do produto final, a edificação.

Conforme CAVALCANTI (1978) durante a atuação do Sistema Financeiro da Habitação, em 1975, foi feita uma tentativa de se definir no país, critérios técnicos que norteassem a aprovação e financiamento de construções de caráter social. Apesar do empenho da ABNT, não foi possível atender a todas as necessidades de normalização, pois se encontrava envolta em condições financeiras desfavoráveis e com carência de corpo técnico habilitado. No entanto, esta iniciativa contribuiu para modificar a política de elaboração de normas, vinculando-as à pesquisa e adotando princípios aceitos a nível internacional.

A ABNT associada à Organização Internacional de Normalização, é o único fórum, no país, credenciado para fazer normalização em todos os setores. Ela possui 47 comitês de estudo, sendo o comitê CB-24 (Comitê brasileiro de segurança contra incêndio) responsável pela área de segurança contra incêndio.

No Brasil, o preconceito à utilização mais intensiva da madeira, tanto por usuários como por agentes financeiros, limitam seu uso. Este preconceito, para PEREZ & KAWAZOE (1984) está fundamentado em um uso inadequado devido a problemas de secagem, tratamento, projeto, especificações e o meio ambiente tropical que acelera a deterioração das madeiras e aliada a todas estas questões aparece a segurança contra incêndio.

No que se refere a segurança contra incêndio, SOUZA (1988) ressalta a abrangência limitada dos regulamentos de segurança contra fogo, normas existentes insuficientes, apesar do tema ser de interesse de toda a comunidade, para ele isto é reflexo da carência de especialistas e da fraca atuação de organismos nacionais responsáveis pelo setor de normalização. “O número reduzido de pesquisadores e laboratórios, ao lado da fraca atuação dos órgãos públicos e privados implica necessariamente poucos recursos para o desenvolvimento de pesquisas na área, dificultando o entendimento do fenômeno

dos incêndios no país com bases científicas e a identificação de tecnologia de prevenção e combate aos mesmos”.

A partir da década de 70, houve o despertar por parte das autoridades municipais no sentido de regulamentar disposições quanto à segurança contra incêndios. Esta inquietação se deu após a ocorrência de incêndios com graves conseqüências na cidade de São Paulo quando ficou notória a ausência de normalização para sanear o problema.

Com a iniciativa do IPT, foi implantado em 1979, o Laboratório de Ensaios do Fogo e se estabeleceram convênios com Japão e Estados Unidos, detentores de tecnologia de combate e prevenção a incêndios, a fim de produzir e intercambiar tecnologias na área.

Desde então o IPT, vem produzindo e divulgando informações sobre este assunto. Coube a este instituto a abordagem mais sistemática da avaliação sobre desempenho, estabelecendo diretrizes para avaliação de desempenho para habitações de caráter social térreas, iniciado nos anos 80 e concluído em 1995. Este trabalho intitulado: Critérios Mínimos de Desempenho de Habitações Térreas Unifamiliares, contempla entre outros, a segurança ao fogo.

4.2 CÓDIGO DE OBRAS E EDIFICAÇÕES DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO (COE).

O Código de Edificações do Município de São Paulo foi concebido na década de 30, mas somente na década de 70 em conseqüência dos grandes incêndios ocorridos em São Paulo passou a adotar as primeiras medidas de segurança contra incêndio, que se traduziram mínimas, MITIDIERI (1998).

Em 1980, o COE foi reformulado e recebeu a contribuição de especificações do corpo de bombeiros, concernentes às instalações de prevenção e combate a incêndio, as quais foram substituídas em 1993 por um novo Decreto Estadual, n. 38 069 de 14 de Dezembro de 1993, contemplando mais amplamente a proteção contra incêndio para edificações.

O Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo considera 12 classes de edificações, segundo o tipo de ocupação, (consultar anexo 4). Destaca-se dentre os demais códigos aplicados em outras capitais e cidades brasileiras, por contemplar questões relacionadas a segurança contra incêndio e assumir uma postura flexível quanto a implementação de novas tecnologias, como é comentado por BLOCH & BOTELHO (1994, p.64) “quando um código aceita uma solução técnica desde que se prove sua viabilidade técnica, (por estudos, testes ou construção de protótipos) está evoluindo, como no item 9.6, (consultar anexo 5) para o chamado código de desempenho, um nível a mais do que um simples código de posturas fixas e imunes à evolução”.

Complementando a regulamentação de segurança contra incêndio, também devem ser consultadas os seguintes documentos:

4.2.1 - Decreto Estadual

O Decreto Estadual nº 38.069 – Proteção contra Incêndio, de 14 de Dezembro de 1993, estabelece quatro tipos de proteção contra incêndio: proteção estrutural (compartimentação horizontal); meios de fuga (escada de segurança, sistema de iluminação de emergência, elevador de emergência, elevador de segurança); meios de alerta (sistema de detecção de fumaça/calor, sistema de alarme contra incêndios, sinalização); meios de combate a incêndios (extintores portáteis, hidrantes, chuveiros automáticos...).

4.2.2 - Instrução Técnica

O Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, publicou uma Instrução Técnica¹ orientando que as edificações com área construída inferior a 750,00 m² e de até dois pavimentos, não necessitam de proposta de proteção contra incêndio, exceto para as seguintes condições:

- Postos de abastecimento de combustíveis e serviços
- Locais de reunião pública com lotação superior à 50 pessoas

- Atividades industriais e comerciais relacionadas a produtos químicos, líquidos e gases combustíveis ou inflamáveis, fogos de artifício e materiais pirotécnicos
- Edificações com estrutura metálica e área de construção superior à 250,00 m².

Para as edificações que se enquadram na classificação 1, ver tabela 17, as exigências dos tipos de proteção contra incêndios previstas são: sistema de iluminação de emergência, sinalização e extintores portáteis (proteção por meio de alerta); estão dispensadas do sistema de iluminação de emergência as edificações que possuírem até dois pavimentos, excluindo-se o mezanino, e forem destinados a reunião pública, cuja lotação não ultrapasse 50 pessoas.

TABELA 17 – Classificação das edificações segundo a área construída

classificação	Área da construção m ²	Altura da construção
1	< 750	< 12
2	< 750	>12
3	>750	< 12
4	> 750	>12

Fonte: Decreto nº 38069/93. SP

Quanto as edificações de interesse social, divididas em quatro categorias, as exigências previstas abrangem sistema de iluminação de emergência, sinalização, extintores portáteis, paredes corta-fogo, porta resistente ao fogo, afastamento entre abertura, coberturas independentes, variando os critérios de exigência de acordo com a categoria da edificação.

4.3 OS CRITÉRIOS MÍNIMOS DE DESEMPENHO

O IPT, em 1981, iniciou um trabalho definindo 14 parâmetros para orientar a qualidade da construção habitacional popular, baseados na normalização ISO 6241². O estudo destes parâmetros mais adiante conduzido pelo Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade da Construção Habitacional (PBQP-H), sofreu uma redução, passando a conter 6 critérios (desempenho estrutural,

¹ Instrução Técnica nº CB – 004/33/95. (15/09/1995). Publicado no Diário Oficial do Estado

² ISO 6241:1984. Performance standards in buildings. Principles for their preparation and factors to be considered.

estanqueidade à água, segurança ao fogo, conforto acústico, durabilidade e conforto térmico) os quais compõem um texto base de discussão a fim de se gerar uma norma de desempenho para sistemas construtivos.

A concretização desta norma representa uma grande vantagem para a “alternativa tecnológica em madeira destinada a habitação de interesse social que tem sofrido restrições por parte dos agentes promotores ou financiadores de habitação por conta da insegurança destes em lidar com riscos potenciais”, BERTO & LIMA (1988, p.339) relacionados...”basicamente aos aspectos culturais de aceitação pelo usuário da casa de madeira, à durabilidade do edifício e à segurança do edifício e do conjunto habitacional frente à possibilidade de ocorrência de incêndios”.

Este quadro desfavorável é complementado com a ausência de cadastramento das ocorrências de incêndios, cuja a análise das informações possibilitou a diversos países elaborarem requisitos necessários à proteção das construções, promovendo o aperfeiçoamento de seus códigos construtivos.

No Brasil, este levantamento possibilitaria a criação de um sistema de avaliação de desempenho das edificações, além de permitir o acesso a informações essenciais sobre as edificações e os sistemas de proteção existentes, possibilitar o desenvolvimento de novos sistemas de proteção respaldo para realizar propostas arquitetônicas globais melhor embasadas que contemplem a segurança contra incêndio, ONO (1997).

Em nosso país, a adoção de normas promoveria o aperfeiçoamento das orientações nos códigos construtivos e auxiliaria a análise entre os sistemas construtivos oferecidos no mercado nacional. Fomentando a competitividade, redução de desperdício de matéria prima, e proporcionando o controle do processo de produção, padronização dos componentes, equipamentos e, principalmente dando respaldo ao uso mais intenso da madeira, sem abrir mão da necessária proteção aos usuários e segurança contra incêndio.

Outro ponto a ser considerado, visando aperfeiçoar a segurança das construções com sistemas construtivos em madeira é um maior aprofundamento em pesquisas, buscando atender às necessidades brasileiras. Considerando que os sistemas

construtivos utilizados em outros países são diferentes do que normalmente se pratica no Brasil, PINTO et al (2000).

Para MITIDIERI FILHO (1998, p.42) faz-se “necessária a participação de um novo quadro de profissionais, desde a etapa de projeto, com a inclusão do usuário neste quadro (arquitetos, engenheiros, paisagistas, projetistas de interiores, consultores em acústica, especialistas em custos, especialistas em processos construtivos e executivos e outros)”. E complementa: “...quando se trata de edifício habitacional, entendendo-se a questão da habitação de uma forma mais ampla, principalmente a de interesse social implementada em larga escala, a necessidade da consideração de outras disciplinas de caráter social é patente”.

As vantagens da adoção de normas de desempenho são notórias, muito embora exija um maior grau de investimentos em pesquisas, equipamentos e corpo técnico, devido às especificidades dos ensaios. Contudo, não existe no Brasil, uma normalização que contemple a qualidade e segurança das habitações de um modo abrangente.

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando a evolução dos códigos construtivos brasileiros usando o mesmo critério de evolução dos códigos construtivos de outros países, colocaria estes códigos em desvantagem, considerando que no Brasil, os códigos não são unificados e a totalidade deles é baseada em regulamentações prescritivas.

O panorama brasileiro atual se apresenta distante da realidade das regulamentações construtivas dos quatro países abordados neste trabalho. No entanto a adequação do setor da construção habitacional em face às regulamentações internacionais através por exemplo da adoção dos seis critérios mínimos de desempenho, baseados na norma ISO, promovem um avanço tecnológico favorável a utilização de sistemas construtivos em madeira.

CAPÍTULO 5 – Conclusão

Fica demonstrado, neste trabalho, a viabilidade da proteção e segurança contra incêndio das habitações de madeira e os meios para ser alcançada. O que se constitui como mais um passo rumo à formação de conhecimento junto a tecnologia construtiva em madeira, seu uso racional e seguro.

Tendo em conta o levantamento bibliográfico realizado, fica demonstrada a necessidade de maiores conhecimentos sobre a ação do fogo em edificações de madeira, a relevância da escolha consciente dos materiais empregados na edificação e detalhes construtivos visando a proteção contra incêndio.

As questões normativas e tecnológicas visando a segurança contra incêndio para habitações em madeira devem ser aprofundadas para que possa ser possível fornecer subsídios aos profissionais da área de projeto e construção.

É necessária a disseminação destes conhecimentos como a base formadora de futuros profissionais e o comprometimento destes com a qualidade. Poucas são as instituições de ensino superior de arquitetura e engenharia, que apresentam em sua grade curricular disciplinas relacionadas a projetos de edificações em madeira, o que fica relegado para a futura atuação profissional.

Mesmo os profissionais com experiência e/ou formação neste assunto, muitas vezes desconhecem ou desconsideram os meios de proteção contra incêndio cabíveis de aplicação nos sistemas construtivos em madeira.

Ao longo da elaboração deste trabalho, pode se concluir que:

É necessário um enfoque para os sistemas construtivos em madeira junto a normalização brasileira; o estabelecimento de ensaios de caracterização quanto a resistência ao fogo e a reação ao fogo, de elementos e componentes construtivos.

A fase projetual, considerada por vários autores como a fase crítica para o estabelecimento da segurança contra incêndio juntamente com as regulamentações construtivas colocam a madeira em ponto de paridade com os demais materiais tradicionalmente empregados na construção civil.

Muitos detalhes de projeto apresentados ilustram situações diversas das presentes na realidade da construção habitacional brasileira. Isto se mostra presente em relação aos materiais utilizados como vedação ou composição de painéis, nos materiais utilizados como composição e proteção entre os elementos e componentes construtivos.

Apesar das diferenças, isto não representa um abismo intransponível a utilização destes materiais nos sistemas construtivos em nosso país, pois o mercado brasileiro já comercializa alguns destes materiais, sendo necessária apenas a adequação destes para o utilização em edificações habitacionais de pequeno porte.

A incorporação de normas técnicas nos códigos construtivos, assim como a unificação dos códigos construtivos, promoveria o aperfeiçoamento de suas orientações, e auxiliaria a escolha entre os sistemas construtivos oferecidos no mercado nacional, através da competitividade.

Visando aperfeiçoar a segurança das edificações que utilizam sistemas construtivos em madeira faz-se necessário maior aprofundamento em pesquisas, para atender as necessidades brasileiras. Considerando que os sistemas construtivos utilizados em outros países são diferentes do que normalmente se pratica no Brasil.

SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

As questões abordadas neste trabalho representam um esforço inicial de entendimento diante de um vasto campo a ser explorado. O tema possibilita a sugestão de outros objetos de futuras pesquisas, relacionados à:

Proposição de painéis de madeira compostos com determinação de resistência ao fogo;

Ensaio para determinação de resistência de painéis em madeira, painéis simples e painéis compostos.

Detalhamento de interfaces entre painéis de madeira ou paredes de madeira com: montantes, pilares, vigas, barrotes, cobertura, assoalho etc, visando a estanqueidade e isolamento térmico;

Aplicação dos conceitos de prevenção contra incêndio e proteção contra incêndio no sistema construtivo pilar-viga;

Detalhes construtivos visando a segurança contra incêndio para o sistema pilar-viga;

Ensaio de reação ao fogo de produtos de madeira e seus derivados empregados em habitações em madeira.

AUTORIZAÇÃO

Autorizo a reprodução e/ou divulgação total ou parcial da presente obra,
por qualquer meio convencional ou eletrônico, desde que citada a fonte.

Nome do Autor *Edna Moura Pinto*

Assinatura do autor: *Edna Moura Pinto*

Instituição: *EESC/USP*

Local: *São Carlos*

Endereço:

E-mail: *emoura@sc.usp.br*
emourapinto@yahoo.com.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILLAR, D. (1986). ***Combustibilidade e tratamento ignífugo da madeira***. São Carlos. 99p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- AGUILLAR, D.; CALIL JR. , C (1992). Resistência e tratamento da madeira ao fogo. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA,4., São Carlos, 1982. ***Anais***. São Carlos, LaMEM/ EESC/USP. v.2, p.235-244.
- AMERICAN INSTITUTE OF TIMBER CONSTRUCTION (1974). ***Timber construction manual: design considerations in the use of structural timber***. Englewood.
- AMERICAN PLYWOOD ASSOCIATION (1983). ***Design construction guide: Fire rated systems***. Washington.
- AMERICAN PLYWOOD ASSOCIATION (1986). ***APA Design/construction guide, fire rated system***. Englewood.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (1995). ASTM E662-95 – ***specific optical density of smoke generated by solid materials*** (CD ROM). Philadelphia.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (1996). ASTM E119-95a – ***fire tests of building construction and materials*** (CD ROM). Philadelphia.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (1997). ASTM E84-97a – ***surface burning characteristics of building materials*** (CD ROM). Philadelphia.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1997). ***NBR 13860 – Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio***. Rio de Janeiro.
- BENEVENTE, V.A. (1995). ***Durabilidade em construção de madeira*** - uma questão de projeto. 231p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

- BERTO, A.F. (1991). **Medidas de proteção contra incêndio**: aspectos fundamentais a serem considerados no projeto arquitetônico dos edifícios. São Paulo. 351p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo .
- BERTO A.F.; LIMA, G.L. (1988). Segurança ao fogo em habitações de madeira de pinus. spp/ pressupostos básicos. In: **TECNOLOGIA de Edificações**. São Paulo, IPT. Cap.4, p.403-406.
- BLOCH, L.L ; BOTELHO, M.H.C. (1994). **Código de obras e edificações do município de São Paulo, comentado e criticado**. São Paulo, PINI.
- BROCHARD, F. X. (1960). **Bois et charpente en bois**. Paris.
- BUCHANAN, A.H. (1999). Burning issues In timber engineering. In: PACIFIC TIMBER ENGINEERING CONFERENCE, Rotorua, New Zealand, 1999. **Proceedings**. Rotorua, New Zealand Forest Research Institute. v.3, p.1-11. (Forest Research Bulletin, 212)
- CANADIAN WOOD COUNCIL (1996). **Fire safety design in buildings**. Canadá.
- CANADIAN WOOD COUNCIL (1997). **Introduction to wood building technology.v.4**. Canadá.
- CSR MEDIUM DENSITY HOUSING (s.d.). **The CRS guide to timber framed multi-residential construction**. Austrália.
- CAVALCANTI, A.M.S.(1978). Normalização técnica e controle de qualidade. In: SIMPÓSIO SOBRE BARATEAMENTO DA CONSTRUÇÃO HABITACIONAL, Salvador, 1978. **Anais**. Tema V, trabalho 230.
- DICKENS, H.B. (1971). Legislative and codes aspects. *Unasylva*, v.25(2-3-4), n.101-103, p.82-95.
- FREITAS A.R. (1971). Consulta mundial sobre os uso da madeira na habitação. **Preservação de madeiras**, v.2, n.1, p.63-88, jan.-dez.
- FOREST PRODUCTS LABORATORY (1999). **Wood handbook** – wood as an engineering material. Madison, USDA.

- HOLMES, C.A. (1977). ***Effect of fire-retardant treatments on fire performance properties of wood***. Madison, Forest products laboratory. p.82-106.
- HOLMES, C.A. (1974). ***The fire performance of wood and its improvement by fire-retardant treatments***. Madison, Forest product laboratory. p.96-109.
- INO, A. (1992). ***Sistema estrutural modular em eucalipto roliço para habitação***. São Carlos. 212p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- INO, A.(1992a). Classificação de sistemas construtivos em madeira, alguns exemplos de construção de madeira para habitação no Brasil. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 4., São Carlos, 1992. ***Anais***. São Carlos, LaMEM/EESC/USP. v.5, p.13-28.
- INO, A.(1992b). Sistema estrutural em eucalipto roliço para habitação, concepção e desenvolvimento. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E EM ESTRUTURAS DE MADEIRAS DE MADEIRA, 4., São Carlos, 1992. ***Anais***. São Carlos, LaMEM/EESC/USP. v 4, p 235-250.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (1986). ***Manual de preservação de madeiras***. São Paulo, IPT.
- JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA. (1980). ***Cartilla de construccion con Madera***. Lima, PADT-REPORT.
- JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA. (1984). ***Manual de deseño para maderas del grupo andino***. 3.ed. Lima, Editora.
- KATO, M.F.(1988). Propagação superficial de chamas em materiais. In: ***TECNOLOGIA de edificações***, São Paulo, IPT/PINI. Cap.4, p.369-372.
- KATO, M.F.(1988a). Densidade ótica específica de fumaça gerada por materiais sólidos. In: ***TECNOLOGIA de edificações***, São Paulo, IPT/PINI. Cap.4, p.395-398.
- KONIG, J.; WALLEIJ, L.(1999). Performance of timber frame assemblies. In PACIFIC TIMBER ENGINEERING CONFERENCE, Rotorua, 1999. Proceedings. Rotorua, New Zealand Forest Research Institute. v.3, p.14-18. (Forest Research Bulletin, 212).

- LANDI, F.R.(1988). Evolução e propagação do fogo. **Anais EPUSP, Sér. A. 5.** São Paulo, EPUSP. v.1, p.463-78.
- MARICATO, E. ;et al. (1986). Pesquisa em ciência e tecnologia, documento preliminar da área de tecnologia da habitação. Documento preliminar preparado para o Encontro Nacional da ANPUR (Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional).São Paulo.
- MITIDIERI, M.L.(1998). – reação ao fogo. São Paulo. **Proposta de classificação de materiais e componentes construtivos com relação ao comportamento frente ao fogo.** São Paulo. 147p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- MITIDIERI FILHO, C.V.(1998). **Avaliação de desempenho de componentes e elementos inovadores destinados a habitações, proposições específicas à avaliação de desempenho estrutural.** São Paulo. 218p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- MULTI-residential timber framed construction: teacher *commentary*. (1999). Australia, FWPRDC/NTDC. (Construction, 2).
- MULTI-residential timber framed construction: teacher *commentary*. (1999). Australia, FWPRDC/NTDC. (Construction, 4).
- NATIONAL FOREST PRODUCTS ASSOCIATION. **Improved fire safety:** design of concealed spaces; Washington.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF CANADA (1990). *National building code of Canada.* Ottawa, NRCC.
- NIHON JUUTAKU MOKUSAI GUIJUTSU CENTER. (1983). **Manual para construção resistente ao fogo, n.5.** Tokyo, Maruzen Kabudhiki Kaisha. /em japonês/
- ONO, R. (1997). **Segurança contra incêndio em edificações, um sistema de coleta e análise de dados para avaliação de desempenho.** São Paulo. 270p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.
- ONO, R. (1999). **The social and cultural influences on the human behavior in fires and in fire prevention in Japan, final report.** Japan, Kyoto.

ONO, R. (2001). **Rosária Ono**: depoimento [fev. 2001]

Entrevistador: Edna Moura Pinto: São Carlos: EESC-USP, 2001.

Entrevista concedida para realização de trabalho de dissertação.

PEREZ, A.R.; KAWAZOE, L. (1984). Sistema construtivo em madeira. In: **TECNOLOGIA de edificações**. São Paulo, IPT/PINI. Cap. 1 , p.187-191.

PINTO, E.M.; INO, A.; DIAS. A.A. (2000). Considerações sobre a proteção contra incêndio para habitações em madeira: normas e códigos (CD ROM). In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 7., São Carlos, 2000. **Anais**. São Carlos, LaMEM/ EESC/ USP.

PROTECTION incendie dans la construction em bois. (1998). Zurich, SIA/LIGNUM.

REVISTA DA MADEIRA (1981). Proteção da madeira contra fogo. p.7-8, ago.

ROSÁRIO, L. (1997).` Construções artesanais e industriais de casas de madeira. **Revista da madeira**, v.6, n.32, p.28-33.

SÃO PAULO (Estado). Leis, etc (1993). Decreto n. 38.069 de 14 de dezembro de 1993. Dispõe sobre as especificações para instalações de proteção contra incêndio e providências correlatas. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, SP, 15 dez. Seção I 103.

SEITO, A. I. (1995). **Metodologia de análise de risco de incêndio**. São Paulo. 136p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

SEITO, A.I. (1988). Tópicos da segurança contra incêndio. In: **TECNOLOGIA de edificações**. São Paulo, IPT/PINI. Cap.4, p.373-376.

SEITO, A.I. (1988a). Fumaça de incêndio. In: **TECNOLOGIA de edificações**. São Paulo, IPT/PINI. Cap.4, p.377-380.

SHEINKMAN, B. (1978). Tecnologia de projeto e construção de habitações: desempenho da habitação. In: SIMPÓSIO SOBRE BARATEAMENTO DA CONSTRUÇÃO HABITACIONAL., Salvador, 1978. **Anais**. Tema I.

SOUZA, R. (1988). Cooperação técnica Brasil-Japão na área de prevenção de Incêndios.
In: **TECNOLOGIA de edificações**, São Paulo, IPT/PINI. Cap. 4, p.333-338.

TAYLOR, G. (1980). **La madera**. Barcelona. Blume.

TONISSI, J.L. (1985). **Madeira e seus derivados na construção**. São Carlos. 129p.
Dissertação (Mestrado) – Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

THE SPECTADOR. (1953). **What about fire?** Washington.

WESTERN WOOD PRODUCTS ASSOCIATION. (1985). **Wood frame design for commercial/multifamily construction**. Oregon, Portland. (catálogo, 556).

WHITE, R.H. (1995). Analytical methods for determining fire resistance of timber members.
In: **The SFPE handbook of fire protection engineering**. 2.ed. Boston, Society of fire protection engineers. Seção 4, Cap. p.217-29.

WHITE, R.H. (1989). Fire retardant coatings and technical research developments for improved fire safety. In: FIRE CHEMICALS FALL CONFERENCE, Annapolis, 1988.
Proceedings. Lancaster, Fire Retardant Chemicals Association.

WHITE, R.H.; DIETENBERGER, M.A. (1999). Fire safety In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook** - wood as an engineering material. Madison, USDA. Cap.17, p.17-1-17-17.

TIMBER BUILDING IN AUSTRALIA. (2000). **Coachman's court**.
<http://www.oak.arch.edu.au/projects/au/472>. (08 Nov.)

CANADIAN WOOD COUNCIL (2000). **Effect of residential building type**.
www.cwc.ca/english/publications/building_performance/build/performance_fire/construction_effect.html. (5 Mar.)

INFORMATION BULLETIN, nº1 (s/d). **Maintaining fire resistance at wall and floor junctions** www.timber.org.au/mrtfc/documents/infobtn1.pdf (6 Mar.)

GLOSSÁRIO

Ação térmica - Ação descrita por meio de um fluxo de calor, por radiação e por convecção, provocado pela diferença de temperatura entre os gases quentes do ambiente em chamas e os componentes da estrutura.

Aglomerado - placa formada a partir da redução das fibras da madeira, aglutinadas com resinas sintéticas através de temperatura e pressão.

Barreira de proteção contra fogo - São dispositivos, confeccionados comumente com gesso ou compensado, cuja função é impedir a movimentação do ar, fumaça, gases e chamas entre os vários ambientes da edificação, ocasionadas por aberturas amplas tais como áticos e vãos entre forros falsos

Carga de incêndio – soma das energias caloríficas que poderiam ser liberadas pela combustão completa de todos os materiais combustíveis em um espaço, inclusive os revestimentos das paredes, divisórias, pisos e tetos.

Cinzas – resíduos inorgânicos produzidos na combustão completa

Chuveiro automático para extinção de incêndio

Dispositivo destinado a projetar água, em forma de chuva, dotado de elemento sensível à elevação de temperatura.

Combustão - processo químico no qual duas ou mais substâncias reagem com evolução de calor, luz e produtos residuais.

Combustão espontânea – combustão resultante de auto-aquecimento, sem aplicação de calor externo.

Combustibilidade – taxa na qual um material queima, quando ignizado.

Compartimento - edificação ou parte dela, compreendendo um ou mais cômodos, espaços ou andares, construídos para evitar a propagação do incêndio de dentro para fora de seus limites

Compensado – placa obtida pela colagem de lâminas de madeira sobrepostas, com as fibras cruzadas perpendicularmente, propiciando grande resistência física e mecânica.

Componente – produto manufaturado como unidade distinta para servir a uma função ou funções específicas (portas, janelas, painel pré-fabricado)

Desempenho – comportamento de um produto em uso

Dispositivos corta-fogo – materiais destinados a impedir a passagem de chamas e gases através de aberturas relativamente pequenas entre os elementos e/ou componentes da edificação

Elemento – agregado de componentes utilizados conjuntamente (piso, fachada, paredes internas)

Elemento Estrutural - todo e qualquer elemento construtivo do qual dependa a resistência e a estabilidade total ou parcial da edificação.

Intumescentes. Recobrimentos orgânicos que sob a ação do calor se expandem, formando uma camada de baixa densidade isolando a madeira (ou o material ao qual se pretende isolar) das altas temperaturas das chamas.

Flamabilidade – propensão de um material ser ignizado e sustentar a queima.

Fogo – processo de combustão caracterizado pela emissão de calor e luz.

Higroscopicidade - diz-se de uma substância que absorve a umidade do ar, propriedade do que é higroscópio; sensibilidade à influência da umidade.

Homologação – processo de certificação de produtos. O documento de homologação, além de comprovar a qualidade do produto, fornece informações técnicas úteis ao usuário (instalação, cuidados, limitações de uso e dados sobre o desempenho). A homologação de um produto possui validade limitada.

Incêndio – fogo fora de controle

Madeira Laminada Colada (MLC) – Material composto de peças de madeira obtidas a partir de tábuas (lâminas) de madeira de pequena espessura, coladas entre si.

Norma - Documento técnico que estabelece as regras e características mínimas que determinado produto, serviço ou processo deve cumprir. Assim, ela permite a perfeita ordenação e a globalização destas atividades ou produtos.

OSB (*Oriented Strand Board*) – placas de partículas estruturais finas e compridas de madeira, orientadas paralelamente ao longo da direção do painel e prensadas com resinas fenólicas. O OSB é considerado como segunda geração de placas de partícula *Waferboard*. Suas principais aplicações são em forros, paredes, vigas estruturais. Diferem do *waferboard* por terem partículas mais longas e estreitas.

Painel de madeira – componente construtivo do elemento parede. É formado por uma trama de madeira com peças de pequena dimensão que lhe conferem estabilidade estrutural, podendo desempenhar não só a função de vedação como também a função portante.

Pirólise – reação de degradação térmica de uma substância.

Pirofórico - significa que a combustão se inicia espontaneamente no ar. Ocorre em metais como o magnésio e titânio.

Poder calorífico – energia total por unidade de massa, que pode ser liberada através da combustão completa de um material. Quantidade de calor liberada na queima de 1 grama de combustível. Quanto maior o poder calorífico maior a eficiência do combustível.

Prevenção de incêndio – medidas para prevenir a eclosão de um incêndio e ou limitar seus efeitos.

Princípio de incêndio – período inicial da queima de materiais, compostos químicos ou equipamentos, enquanto o incêndio é incipiente

Radiação térmica – transferência de energia por ondas eletromagnéticas, sem a necessidade de um meio propagante.

Reação ao fogo – resposta de uma matéria sob condições de ensaios especificadas, em termos de contribuição ao fogo ao qual é exposta por sua própria decomposição.

Reação química - mudança em que um ou mais elementos ou compostos químicos rompem ligações (os reagentes) formando novas ligações produzindo novos compostos (os produtos). Em geral as reações químicas são reversíveis.

Resistência à chama – propriedade de um material, através da qual a combustão com chama é retardada, encerrada ou impedida. A resistência à chama pode ser uma propriedade do material básico, ou então imposta por tratamento específico.

Resistência ao fogo – propriedade de um elemento de construção em resistir à ação do fogo por determinado período de tempo, mantendo sua integridade de vedação aos gases e chamas e isolamento térmico (NBR 5628).

Retardante de fogo – substância adicionada a um material ou um tratamento a ele aplicado, com a finalidade de suprimir, reduzir ou retardar o desenvolvimento de chamas.

Rotas de fuga – saídas e caminhos devidamente sinalizados e protegidos, a serem percorridos pelas pessoas para um rápido e seguro abandono do local em emergência.

Sistema entramado (wood framing construction/ timber framing construction) – tecnologia construtiva desenvolvida na América do norte e atualmente a mais utilizada na construção de casas de madeira. Possui peças de reduzida dimensão que servem de apoio para placas de revestimento, suporte para pisos, tetos e telhados. O sistema possui várias versões entre elas se destacam o sistema balão e o plataforma.

Sistema balão ou globalizado (*balloom framing*) – sistema construtivo em madeira que utiliza peças de madeira longa ou seja a estrutura é feita por montantes que sobem contínuos da fundação até o telhado, fixados por pregos. Na década de 70, o sistema foi alterado na busca de redução de custos através da revisão de componentes, motivados pelo quadro inflacionário vivido pelos EUA na época e pela diminuição do suprimento de matéria-prima. Este sistema é adequado para habitações de dois pavimentos, onde a vedação exterior é de tijolos, placas de pedra ou reboco, por ter menos possibilidade de movimentação entre o entramado de madeira e o acabamento exterior no entanto, não permite a pré-fabricação da construção.

Sistema plataforma (*platform framing*) – É o sistema construtivo em madeira mais comumente usado nos EUA, apesar de consumir maior quantidade de madeira. Foi desenvolvido a partir do sistema balão. Neste sistema os montantes possuem a altura de um pavimento e as viguetas de piso são montadas independentemente das paredes, criando uma plataforma a cada nível de piso, onde são montadas as paredes e divisões. É mais usual em casas térreas e de fácil combinação com o sistema balão quando utilizado para a construção de casas de dois pavimentos, permitem a pré-fabricação das paredes fora do canteiro de obras.

Usuário – pessoa à qual o edifício é destinado

Waferboard – painel obtido através da prensagem de partículas de formato quadrado ou ligeiramente retangular em disposição aleatória e com o uso de resina.