

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

EVERTON GONÇALVES CARDOSO

**MÉTODO PARA ANÁLISE DA CONSISTÊNCIA DO PLANO DE
SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO EM EDIFICAÇÕES**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2019

EVERTON GONÇALVES CARDOSO

**MÉTODO PARA ANÁLISE DA CONSISTÊNCIA DO PLANO DE
SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO EM EDIFICAÇÕES**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista no Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho do Departamento Acadêmico de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. M. Eng. Carlos Alberto da Costa.

CURITIBA

2019

EVERTON GONÇALVES CARDOSO

**MÉTODO PARA ANÁLISE DA CONSISTÊNCIA DO PLANO DE
SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO EM EDIFICAÇÕES**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

Prof. M. Eng. Carlos Alberto da Costa
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Banca:

Prof. Dr. Adalberto Matoski
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. M. Eng. Massayuki Mário Hara
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. Dr. Ronaldo Luís dos Santos Izzo
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba
2019

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

CARDOSO, Everton Gonçalves. **Método para análise da consistência do plano de segurança contra incêndio em edificações**. 2019.58 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2019.

Atualmente, as normas de Segurança contra Incêndio no Brasil são elaboradas por cada Estado, havendo exigências distintas entre elas. Observando estas diferenças, a presente monografia teve por objetivo propor um método para análise da consistência dos planos preventivos contra incêndio. Usou-se o método de análise de multicritérios *Analytic Hierarchy Process* (AHP). As medidas de segurança aplicáveis foram divididas e analisadas levando em consideração as etapas do incêndio, pelas matrizes para comparação par a par. Foi possível então obter as prioridades relativas ao objetivo da prevenção contra incêndio. Por fim, o modelo foi aplicado em um estudo de caso através da pontuação estabelecida dentro do modelo proposto para os Estados Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo. Como resultado, obteve-se uma classificação indicativa de qual Estado tende a obter maior efetividade em sua legislação.

Palavras-chave: Prevenção. Incêndio. Segurança. Análise de Risco.

ABSTRACT

CARDOSO, Everton Gonçalves. **Method for analyzing the consistency of the fire safety in buildings**.2019. 58f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Federal Technology University - Paraná. Curitiba, 2019.

Currently, the Fire Safety regulations in Brazil are elaborated by each State, with different requirements between them. Observing these differences, the present monograph aimed to propose a method to analyze the consistency of fire preventive plans. The Analytic Hierarchy Process (AHP) method was used. The applicable safety measures were divided and analyzed considering the stages of the fire by the matrices for comparison on a par. It was then possible to obtain the priorities for the purpose of fire prevention. Finally, the model was applied in a case study using the score established within the model proposed for the states of Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná and São Paulo. As a result, a classification has been obtained indicating which State tends to achieve greater effectiveness in its legislation.

Keywords: Prevention. Fire. Safety. Risk analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tetraedro do Fogo.....	16
Figura 2 – Curva de evolução do incêndio celulósico	17
Figura 3 - Processo de gestão de riscos segundo	29
Figura 4 – Processo da gestão de Riscos	29
Figura 5– Processo decisório hierárquico	32
Figura 6– Sequência de etapas de um incêndio	35
Figura 7 – Estruturação da hierarquia para o objetivo da prevenção de incêndio.....	38
Figura 8– Contribuição para a segurança contra incêndio	50
Figura 9– Contribuição para a segurança contra incêndio	50
Figura 10– Planta Matriz de Santo Antônio da Lapa	52
Figura 11– Contribuição para o objetivo específico da segurança contra incêndio ...	55
Figura 12–Objetivo geral da segurança contra incêndio	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estatística de incêndio frenes de atuação do Poder Público	20
Quadro 2 – Medidas passivas e ativas de proteção contra incêndio.....	24
Quadro 3- vantagens e desvantagens dos códigos prescritivos	27
Quadro 4 - vantagens e desvantagens dos códigos baseados no desempenho	27
Quadro 5– Principais técnicas de análise de Risco.....	30
Quadro 6– Leis e Decretos Analisados	34
Quadro 7– Principio de incêndio	36
Quadro 8– Extinção e inflamação generalizada	36
Quadro 9– Propagação para outros ambientes e prédios adjacentes.....	37
Quadro 10– Permitir a fuga dos usuários	37
Quadro 11– Principio de incêndio	39
Quadro 12– Extinção e inflamação generalizada	41
Quadro 13– Propagação para outros ambientes e Prédios adjacentes	43
Quadro 14– Permitir a fuga dos usuários do edifício.....	44
Quadro 15– Contribuição para a segurança contra incêndio	53
Quadro 16 – Medidas de segurança aplicáveis.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Escala Fundamental de Saaty [SAATY 1980]	32
Tabela 2– Matriz de avaliação entre os critérios com relação ao Princípio de Incêndio (P)	40
Tabela 3– Matriz de avaliação entre os critérios extinção e inflamação generalizada (E)	41
Tabela 4– Matriz de avaliação entre os critérios extinção e inflamação generalizada (E)	43
Tabela 5– Matriz de avaliação permitir a fuga dos usuários (F)	45
Tabela 6– Cálculo da Matriz de avaliação e normalização do Autovetor em relação ao objetivo	46
Tabela 7 – Índice Randômico (IR)	47
Tabela 8– Cálculo do autovalor λ max	47
Tabela 9– Razão de Coerência para cada grupo de requisitos	48
Tabela 10– Matriz de avaliação.....	49
Tabela 11– Pontuação para cada grupo de critérios	54

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	PROBLEMA.....	11
1.2	OBJETIVOS	12
1.2.1	Objetivo Geral.....	12
1.2.2	Objetivo Especifico	12
1.3	JUSTIFICATIVA E CONTRIBUIÇÃO.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1	SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO	14
2.2	CONCEITOS GERAIS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO	16
2.2.1	Características do Fogo.....	16
2.2.2	Resistencia dos Elementos Construtivos.....	18
2.3	COMPORTAMENTO HUMANO FRENTE À SITUAÇÃO DE RISCO	19
2.4	MEDIDAS DE PREVENÇÃO E PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO	20
2.4.1	Legislação de Segurança Contra Incêndio e Pânico	20
2.4.2	Medidas de Segurança Contra Incêndio.....	22
2.4.3	Códigos Prescritivos e Códigos Baseados no Desempenho	25
2.5	GESTÃO E ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIO.....	27
2.5.1	O Conceito da Gestão de Riscos de Incêndio	27
2.5.2	Técnicas de Análise de Riscos	29
2.6	ANÁLISE DE AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO	31
2.6.1	<i>Analytic Hierarchy Process (AHP)</i>	31
2.6.2	A Escala de Comparação (Escala Saaty).....	32
3	METODOLOGIA.....	33
3.1	ESTUDO DE CASO.....	33
3.1.1	Definição do Problema	33

3.1.2	Material e métodos de pesquisa	34
3.1.3	Descrição do Método de Comparação	34
3.2	DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS	35
3.2.1	Princípio de Incêndio	35
3.2.2	Extinção e Inflamação Generalizada	36
3.2.3	Propagação Para Outros Ambientes e Prédios Adjacentes (<i>Convection</i>)	37
3.2.4	Permitir a Fuga dos Usuários	37
4	APRESENTAÇÃO, ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS	38
4.1	ESTRUTURAÇÃO DA HIERARQUIA DE AVALIAÇÃO.....	38
4.2	CONSTRUÇÃO DAS MATRIZES DE COMPARAÇÃO PARA OS CRITÉRIOS.....	38
4.2.1	Pontuação para o Princípio de Incêndio (P)	39
4.3.1.1	Construção das matrizes de comparação para princípio de incêndio (P) ...	39
4.2.2	Pontuação pra a Extinção e Inflamação Generalizada (E)	41
4.3.2.1	Construção das matrizes de comparação para extinção e inflamação generalizada (E)	41
4.3.3	Pontuação para Propagação para outros ambientes e Prédios adjacentes (C) 42	
4.3.3.1	Construção das matrizes de comparação para propagação para outros ambientes e Prédios adjacentes (C)	43
4.3.4	Pontuação para Permitir a fuga dos usuários do edifício (F)	44
4.3.4.1	Construção das matrizes de comparação permitir a fuga dos usuários do edifício (F)	45
4.4	ANALISE DE RESULTADOS DO MODELO PROPOSTO	49
4.5	APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO EM UM ESTUDO DE CASO	51
5	CONCLUSÃO.....	57
	REFERÊNCIAS.....	58

1 INTRODUÇÃO

Apesar dos trabalhos já realizados na área da segurança contra incêndio, muito ainda deve ser estudado e introduzido nas regulamentações com o intuito de se alcançar um nível aceitável de segurança. As mudanças que ocorrem junto aos códigos e normas de segurança contra incêndio são originadas por perdas ocorridas em incêndios (MITIDIERI; IOSHIMOTO, 1998).

A evolução da Segurança contra Incêndio no Brasil depende de uma abordagem que extrapole a única observância de critérios e requisitos estabelecidos em documentos oficiais, sejam na forma de leis, de regulamentos ou de normas técnicas. A possibilidade de uma abordagem mais ampla, ideal para os projetos mais complexos, inclui a identificação preliminar dos perigos existentes ou futuros, a análise dos riscos, as ações necessárias para evitar as situações indesejáveis, desde um pequeno incêndio a uma explosão, as possíveis soluções para cada cenário e a garantia de que todas as precauções devam funcionar de forma eficaz (ARMANI, 2018).

Em primeiro momento é necessário estabelecer os objetivos da segurança contra incêndio e estabelecer formas de atuar na prevenção e também na proteção, considerando desde o projeto até a construção, operação e a manutenção da edificação, considerando que grande parte das questões é resolvida ainda na fase de projeto (MITIDIERI; IOSHIMOTO, 1998).

1.1 PROBLEMA

A considerar todos os avanços da área da Engenharia de Segurança Contra Incêndio percebe-se que as regulamentações aplicadas no território nacional por questões de garantia tendem a adotar medidas de forma generalizada. Por sua vez podem conduzir a adoção de soluções extremamente exigentes para alguns casos enquanto que para outros se tornam deficientes. As medidas prescritivas adotadas são de fácil aplicação, mas que não valorizam as soluções alternativas que poderiam ser adotadas. O desenvolvimento de métodos aliados à base científica, poderá trazer

flexibilidade as soluções, otimizando custos e a conseqüente garantia de segurança para os usuários e também para as edificações.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desse trabalho é propor um método de análise da consistência dos projetos preventivos contra incêndio e pânico em edificações.

1.2.2 Objetivo Especifico

Os objetivos específicos são:

- Analisar os critérios mais relevantes aplicados nos diferentes estados brasileiros;
- Propor um método de análise da consistência do plano de segurança contra incêndio das edificações;
- Aplicar o modelo proposto através de um estudo de caso.

1.3 JUSTIFICATIVA E CONTRIBUIÇÃO

Embora o tema relacionado à segurança contra incêndio tenha evoluído muito nos últimos anos, as legislações aplicáveis ao tema, não contemplam diversos fatores abordados em uma análise adequada dos riscos presentes em um incêndio.

As exigências contidas junto aos códigos, podem não significar uma solução adequada ao projeto, principalmente se esses requisitos são tratados somente como

item de atendimento obrigatório. E diante da necessidade de se buscar a eliminação dos riscos oriundos de um incêndio, percebe-se a importância do processo de análise preliminar anteprojeto, sem que sejam conflitantes as questões econômicas com as questões de segurança.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

A evolução do mundo civilizado converteu o projeto de edificações em um processo complexo, passando a exigir conhecimentos especializados, além do emprego de novos materiais e tecnologias. As perdas humanas e econômicas envolvidas em incêndios possibilitou o incremento das pesquisas e investigações nesta área do conhecimento nas últimas décadas (LUZ NETO, 1995).

Os normativos e legislações que tratam da segurança contra incêndios no Brasil são recentes. Até o início da década de 70, a ausência de grandes incêndios que resultassem em perdas consideráveis, seja no quantitativo de vidas ou patrimônio, nunca provocou uma relevante discussão sobre o tema no País. A partir da ocorrência de sinistros mais vultosos, as autoridades e pesquisadores passaram a perceber a importância da implementação de regras mais rigorosas para as construções no intuito de torna-las mais seguras (SEITO;GILL; PANNONI,2008).

Naquela época a segurança contra incêndio exigia basicamente o uso de extintores de incêndio e hidrantes, conforme requerido pelas seguradoras e pelos Corpos de Bombeiros. Após os incidentes, às legislações (Municipal, Estadual e Federal) e as normas técnicas passaram a ser discutidas e aprimoradas. Novas considerações começaram a ser feitas como: resistência ao fogo das estruturas, sistemas de detecção e controle da fumaça (GILL;SILVA, 2011).

Foi a partir de 1983 que surgiu a primeira especificação do corpo de bombeiros anexa a um Decreto. As exigências passaram a cobrar além dos extintores e sistema de hidrantes, os sistema de alarme de incêndio e detecção de fumaça e calor, sistema de chuveiros automáticos, sistema de iluminação de emergência, compartimentação vertical e horizontal, escadas de segurança, isolamento de risco, sistemas fixos de espuma, CO2, Halon entre outras proteções (SÃO PAULO, 2018).

As exigências impostas pelos corpos de bombeiros às construções são em decorrência das observações dos grandes incêndios que resultaram nos chamados códigos prescritivos. Normas que se utilizam de critérios como área construída,

altura da edificação (seja em metros ou número de pavimentos) e tipo de ocupação (comercial, escolar, industrial etc) para receitar quais as medidas de segurança a serem adotadas pelas edificações (TAVARES; SILVA; DUARTE, 2002).

O desenvolvimento da prevenção de incêndios no Brasil dependerá da sistematização de idéias oriundas de três níveis de abordagem que envolve:

- A atitude do projetista que considera segurança contra incêndios um simples problema de atendimento a códigos e leis;
- Projetar cada edifício com suas peculiaridades, passando pelo perfeito domínio dos conceitos de segurança contra incêndio, através da imposição legal de requisitos de segurança;
- Desenvolvimento de uma nova mentalidade dos *stakeholders*, de que a abordagem do nível de segurança contra incêndio não representa simplesmente o investimento sem retorno (LUZ NETO, 1995).

Ainda que a segurança contra incêndio deva ser considerada um dos requisitos básicos de desempenho nos projetos, são raros os profissionais que consideram o fator ao projetar a edificação. As regulamentações existem para garantir o nível mínimo de segurança, mas que muitas vezes não traduzem numa boa solução para o projeto, principalmente se o projetista não domina os pressupostos que levaram à criação daquele requisito. Assim, esses requisitos passam a ser tratado somente como um item de atendimento burocrático à regulamentação de órgãos fiscalizadores locais (ONO, 2007).

O país assiste com freqüência, especialmente no meio urbano, as perdas de vidas e enormes prejuízos econômicos causados pelos incêndios. Mesmo diante de tal premissa, a sociedade não produziu uma política eficaz de proteção contra incêndios e a formação dos planejadores representa papel fundamental ao meio. A segurança dos núcleos urbanos, de acordo com os órgãos internacionais de seguro, depende:

- 35 % das entidades de defesa civil;
- 35 % do sistema de abastecimento de águas; e.
- 30 % do planejamento e normas preventivas (LUZ NETO, 1995).

2.2 CONCEITOS GERAIS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO

2.2.1 Características do Fogo

O fogo pode ser definido como um “fenômeno físico-químico onde se tem uma reação de oxidação com emissão de calor e luz. Devem coexistir quatro componentes para que ocorra o fenômeno do fogo: Combustível, comburente (oxigênio), calor e reação em cadeia” conforme mostra a figura 1 (SÃO PAULO, 2018).

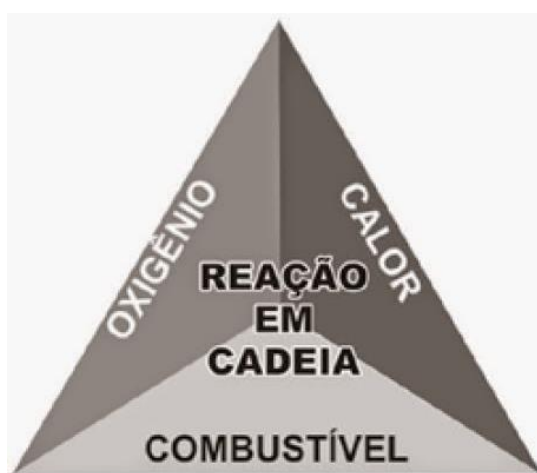


Figura 1 – Tetraedro do Fogo
Fonte: São Paulo (2018)

Dentre os fatores que concorrem para o início e desenvolvimento de um incêndio, pode-se citar que influenciam diretamente, as características a distribuição e a quantidade do material empregado na edificação e as medidas de prevenção e de proteção de incêndio existentes (SEITO et al., 2008).

“O tempo gasto para o fogo alcançar o ponto de inflamação generalizada depende exclusivamente dos revestimentos e acabamentos utilizados no ambiente de origem, apesar de que as circunstâncias em que o fogo comece a desenvolver exerçam grande influencia” (SÃO PAULO, 2018).

“Os riscos de início, crescimento e propagação do incêndio estão diretamente relacionados à evolução do incêndio no edifício e à sua propagação para os edifícios adjacentes” (SEITO et. al., 2008).

Para São Paulo (2018) “a evolução do incêndio em um local pode ser representada por um ciclo com 3 fases características: fase inicial de elevação progressiva da temperatura (ignição), fase de aquecimento e fase de resfriamento e extinção” conforme mostra figura 2.

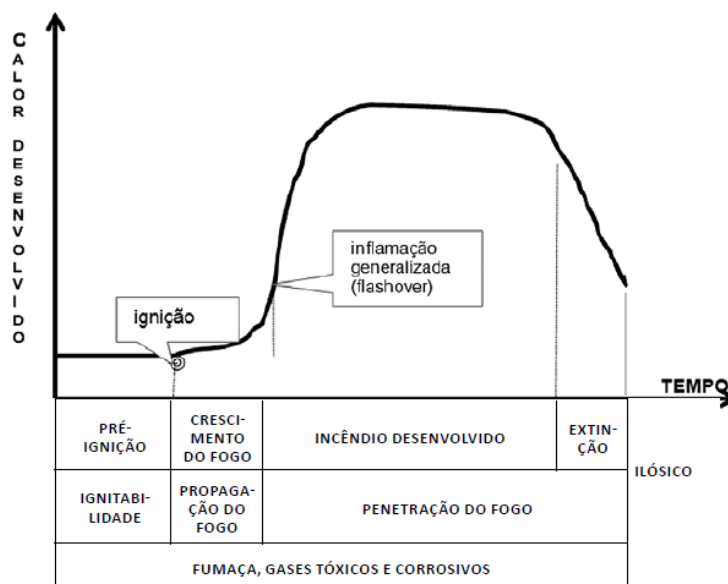


Figura 2 – Curva de evolução do incêndio celulósico

Fonte: Seito et al. (2008)

A probabilidade do “surgimento de um foco de incêndio a partir da interação dos materiais combustíveis trazidos para o interior do edifício e dos materiais combustíveis integrados ao sistema construtivo caracteriza o risco do início do incêndio” (MITIDIERI; IOSHIMOTO, 1998).

Caso ocorra a oxigenação do ambiente por meio de comunicações com o exterior, “os materiais passarão a ser aquecidos por convecção e radiação, acarretando um momento denominado de inflamação generalizada – *flash over*, que se caracteriza pelo envolvimento total do ambiente pelo fogo” (SÃO PAULO, 2018).

A ultima fase da evolução do incêndio “é caracterizada pela diminuição gradual da temperatura do ambiente e das chamas, isso ocorre por exaurir o material combustível” (SEITO et al., 2008).

2.2.2 Resistencia dos Elementos Construtivos

No desenvolvimento de um projeto a etapa de especificação dos produtos de acabamento e revestimento que iram compor o projeto de um edifício, deve-se considerar “a sua contribuição na facilidade de ignição e no crescimento inicial do incêndio, e são necessário que se conheçam alguns critérios de avaliação para a seleção dos materiais que farão parte dos acabamentos interno e externo, e da vedação, entre outros” (ONO, 2007).

Os requisitos funcionais são determinados através de ensaios laboratoriais a fim de determinar: combustibilidade ou incombustibilidade; quantidade de calor liberado na combustão; velocidade de propagação superficial das chamas; quantidade dos produtos da combustão (gases quentes, fumaça e fuligem); e qualidade dos produtos da combustão, ou seja, efeitos como a densidade ótica, a toxicidade e a irritabilidade dos gases emitidos (ONO, 2007).

Para Seito et al. (2008) a classificação dos materiais visa avaliar o comportamento diante do fogo ainda na primeira fase. Antes do momento de ocorrência da inflamação generalizada (*flash over*), podendo-se, desse modo, controlar os riscos de crescimento e propagação do fogo no ambiente de origem. Como consequência, tem-se o prolongamento do tempo para o ingresso na segunda fase do incêndio, favorecendo a fuga dos ocupantes e as operações de combate e resgate, ainda na primeira fase.

O Sistema Global de Segurança Contra Incêndio pode ser considerado como um “conjunto de ações que se contrapõe ao início do incêndio, o qual resulta das atividades desenvolvidas e das características dos edifícios. A reação dos materiais frente ao fogo interfere diretamente na limitação do crescimento do incêndio, na limitação da propagação, na evacuação segura e a preocupação contra a propagação entre edifícios” (MITIDIERI; IOSHIMOTO,1998).

O controle de Materiais de Acabamento e de Revestimento (CMAR) deve ser empregado nas edificações a fim de estabelecer as “condições a serem atendidas pelos materiais de acabamento e de revestimento empregados nas edificações, para que, na ocorrência de incêndio, restrinjam a propagação de fogo e o desenvolvimento de fumaça” (PARANÁ, 2018).

2.3 COMPORTAMENTO HUMANO FRENTE À SITUAÇÃO DE RISCO

Para uma evacuação satisfatória, além da correta aplicação das medidas de proteções ativas e passivas é de fundamental importância conhecer o comportamento e o movimento das pessoas em situações de incêndio. Determinar a velocidade de evacuação em situações anormais torna-se extremamente complexa devido a fatores que podem interferir nesse processo (VALENTIN ; ONO, 2006).

As pessoas têm reações diferentes diante de situações adversas, em caso de sinistros, quando sentem ameaçadas em sua integridade física. Em um incêndio, o comportamento mais freqüente é a tensão nervosa ou estresse, e não a reação de medo e que foge ao controle racional, ou seja, o pânico (SEITO et al., 2008).

De modo geral as pessoas tem um comportamento adaptativo, facilitando a evacuação em casos de emergencial. Por sua vez a probabilidade de um comportamento não adaptativo aumenta se não forem consideradas as seguintes medidas de segurança contra incêndio:

- Concepção correta dos caminhos de evacuação (visibilidade das saídas, larguras suficientes, adequada relação entre largura e altura dos degraus das escadas, existência de corrimãos nas escadas, etc);
- Passagens estreitas ou estrangulamentos nos caminhos de evacuação;
- Existência de sinalização de segurança;
- Existência de iluminação de emergência;
- Detecção do incêndio em sua fase inicial e adequados sistemas de alarme;
- Existência de lugares de refúgio e sistema de comunicação com os ocupantes (edifício muito alto);
- Sistema adequado de controle de fumaça (VALENTIM; ONO, 2006).

Associadas ao incêndio surgem quatro causas determinantes para uma situação perigosa e que envolve o calor, chamas, fumaça e a insuficiência de oxigênio. Sendo destas a fumaça causa danos graves, pois os componentes da mistura entre sólidos em suspensão, vapores e gases podem causar:

- Diminuição da visibilidade devido à atenuação luminosa do local;
- Lacrimejamento e irritações dos olhos;
- Modificação de atividade orgânica pela aceleração da respiração e batidas cardíacas;
- Vômitos e tosse;
- Medo (pânico);
- Desorientação;
- Intoxicação e asfixia;
- Desmaios e morte (SÃO PAULO, 2018).

2.4 MEDIDAS DE PREVENÇÃO E PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO

2.4.1 Legislação de Segurança Contra Incêndio e Pânico

Está previsto na Constituição Federal de 1988 que os Estados podem “legislar plenamente em casos de omissões legislativas por parte da União, esta diretriz aplica-se à segurança contra incêndio e pânico. Ou seja, os Estados elaboraram suas próprias legislações de Segurança Contra Incêndio e, de maneira geral, as denominam de Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico – COSCIP” (BORGES,2017).

A ocorrência de desastres envolvendo incêndios levou o poder público em todo o mundo a pensar em maneiras efetivas de se prevenir e combater estes incêndios. Desde então, foram criados códigos de incêndios com a característica peculiar de serem baseados nas experiências do passado. Esses códigos, os quais foram baseados em desastres, ficaram conhecidos como Códigos Prescritivos (TAVARES; SILVA; DUARTE, 2002).

Para Mitidieri e Ioshimoto (1998) é possível relacionar as estatísticas de incêndio e pesquisa com as demais frentes de atuação do poder público conforme mostra o quadro 1.

Frente de atuação	Atuação da Estatística e Pesquisa
Regulamentação	– Evidenciar a necessidade de alteração e/ou implementação de novos requisitos.
Normalização	– Evidenciar a necessidade de aprimoramento e/ou implementação de novas normas.
Fiscalização	– Evidenciar a necessidade de concentrar esforços em aspectos que não estão sendo atendidos e que devem ser verificados com mais acurácia.
Educação	– evidenciar a necessidade de criação de campanhas educativas e cursos de especialização de formação pessoal.
Combate	– Evidenciar falhas no dimensionamento e distribuição do efetivo e equipamentos de combate.

Quadro 1 – Estatística de incêndio frentes de atuação do Poder Público
Fonte: Mitidieri e Ioshimoto (1998)

A atuação do Poder Público quanto à regulamentação tem papel de destaque, mas não basta apenas uma boa regulamentação se a mesma não apresentar dinamismo quanto a otimização com relação ao desenvolvimento tecnológico na

área de segurança contra incêndio ou se a fiscalização for incapaz de orientar profissionais envolvidos e efetivar o seu correto cumprimento. Dados de pesquisas e até mesmo de sinistros quando tratados de maneira correta, fornecem subsídios essenciais à pesquisa e realimentam (MITIDIERI; IOSHIMOTO, 1998).

Para Ono (2007) as regulamentações aplicadas na área de segurança contra incêndio de edificações de caráter prescritivo, apresentam muitos requisitos específicos, que acabam por não permitir soluções alternativas. A considerar nos grandes centros urbanos a intervenção em espaços e edifícios existentes, cuja construção se deu em épocas onde as regulamentações de segurança contra incêndio não existiam, e que apresentam grande potencial de reuso, mas que necessitam ser adaptados para se adequarem.

Ao observar que cada unidade federativa do Brasil possui uma legislação própria sobre o assunto, percebe-se que existem várias formas de estabelecer critérios de segurança ou de atestar que determinada edificação apresenta as condições mínimas de proporcionar segurança aos seus usuários e de prevenção a ocorrências de incêndios (HAHNEMANN; CORRÊA ; RABBANI, 2017).

O surgimento de uma Legislação Federal que balize, de forma simples e muito prática, a elaboração de dispositivos de prevenção para os outros degraus da administração pública é um imperativo. Os Estados, as Regiões Metropolitanas, as Micro regiões Econômicas e os Municípios precisam contar com orientação que não podem ter com seus próprios recursos. Contudo este não é o único meio necessário para promoção de uma mentalidade preventiva e talvez não deva ser o primeiro (LUZ NETO,1995).

“No Brasil, ‘o primeiro Código de Segurança contra Incêndio e Pânico foi elaborado no Rio de Janeiro pelo Decreto - Lei nº 247 de 21 de julho de 1975, que completou 41 anos em 2016” (BORGES, 2017).

No Paraná o Código de Prevenção de Incêndios foi criado pelo Boletim Geral do Comando Corpo de Bombeiros nº 044, de 06/03/2001, sendo a principal norma de Segurança Contra Incêndio no Estado do Paraná. Um novo código surgiu no ano de 2011 através da Portaria nº002/11. Depois disso, no ano de 2014, entra em vigor outro novo código publicado através da Portaria Interna nº 006/2014 do Comando do Corpo de Bombeiros. O CBMPR apresenta 41 Normas Procedimentos Técnico elaboradas no período de 2014 a 2016.

O Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico – CSCIP, em atendimento ao Decreto Estadual nº 11.868 de 03 de dezembro de 2018 prevê em seu Artigo 2º que os objetivos são:

- I - proteger a vida dos ocupantes das edificações e áreas de risco, em caso de incêndio;
- II - dificultar a propagação do incêndio, reduzindo danos ao meio ambiente e ao patrimônio;
- III - proporcionar meios de controle e extinção do incêndio;
- IV - dar condições de acesso para as operações do Corpo de Bombeiros Militar;
- V - proporcionar a continuidade dos serviços nas edificações e áreas de risco (PARANÁ, 2018).

A instrução Técnica nº 02 que trata dos conceitos básicos de segurança contra incêndio diz que os objetivos da prevenção serão alcançados mediante :

- Controle da natureza e da quantidade dos materiais combustíveis constituintes e contidos no edifício;
- Dimensionamento da compartimentação interna, da resistência ao fogo de seus elementos e do distanciamento entre edifícios;
- Dimensionamento da proteção e da resistência ao fogo da estrutura do edifício;
- Dimensionamento dos sistemas de detecção e alarme de incêndio e/ou dos sistemas de chuveiros automáticos de extinção de incêndio e/ou dos equipamentos manuais para combate;
- Dimensionamento das rotas de escape e dos dispositivos para controle do movimento da fumaça;
- Controle das fontes de ignição e riscos de incêndio;
- Acesso aos equipamentos de combate a incêndio;
- Treinamento do pessoal habilitado a combater um princípio de incêndio e coordenar o abandono seguro da população de um edifício;
- Gerenciamento e manutenção dos sistemas de proteção contra incêndio instalado;
- Controle dos danos ao meio ambiente decorrentes de um incêndio (SÃO PAULO, 2018).

2.4.2 Medidas de Segurança Contra Incêndio

Segundo Luz Neto (1995) “a importância do planejamento é medida pelos sinistros evitados e não pelos incêndios extintos”. Dentro do universo da segurança contra incêndio em edifícios urbanos dois aspectos assumem especial destaque:

- A proteção da vida humana;
- A proteção dos bens: a proteção do patrimônio é relativa e normalmente determinada segundo uma conjunção de interesses de ordem econômica, cabendo

ainda à incorporação de fatores que podem contribuir para definições de interesses, como a preservação histórica ou cultural e a manutenção de serviços essenciais (LUZ NETO, 1995).

Para que um edifício seja seguro contra incêndio, devem-se saber, primeiramente, quais os objetivos dessa segurança e os requisitos funcionais que precisarão ser atendidos. Esses requisitos funcionais estão ligados à sequência de etapas de um incêndio (início, crescimento no local de origem, combate, propagação para outros ambientes, evacuação do edifício, propagação para outros edifícios e ruína parcial e/ou total do edifício), nas quais se deve:

- Dificultar a ocorrência do princípio de incêndio;
- Ocorrido o princípio de incêndio, dificultar a ocorrência da inflamação generalizada¹ do ambiente;
- Possibilitar a extinção do incêndio no ambiente de origem, antes que a inflamação generalizada ocorra;
- Instalada a inflamação generalizada no ambiente de origem do incêndio, dificultar a propagação do mesmo.
- Para outros ambientes,
- Permitir a fuga dos usuários do edifício;
- Dificultar a propagação do incêndio para edifícios adjacentes;
- Manter o edifício íntegro, sem danos, sem ruína parcial e/ou total;
- Permitir operações de natureza de combate ao fogo e de resgate/salvamento de vítimas (MITIDIERI; IOSHIMOTO, 1998).

As medidas a serem tomadas para garantir a segurança contra incêndio podem ser agrupadas em medidas de prevenção e medidas de proteção. As medidas de prevenção são aquelas que se destinam a prevenir a ocorrência do início do incêndio. As medidas de proteção são aquelas destinadas a proteger a vida humana e os bens materiais dos efeitos nocivos do incêndio que já se desenvolve (ONO, 2007).

A segurança contra incêndio está relacionada com a implantação de medidas que previnam a ocorrência do início de incêndio, já as medidas de proteção consistem em medidas que visam proteger a vida humana, a propriedade e os bens materiais. Sendo as medidas de proteção manifestadas quando as medidas de prevenção falham, ocasionando incêndio (COUTINHO; CORRÊA, 2016).

Em conjunto, essas medidas visam a manter o risco de incêndio em níveis aceitáveis. Por sua vez as medidas de proteção podem ser divididas em duas categorias: medidas de proteção passiva e as medidas de proteção ativa conforme Quadro 2.

Elemento	Medidas de Proteção Passiva	Medidas de Proteção Ativa
Limitação do crescimento do incêndio	Controle da quantidade de materiais combustíveis incorporados aos elementos construtivos Controle das características de reação ao fogo dos materiais e produtos incorporados aos elementos construtivos	Provisão de sistema de alarme manual Provisão de sistema de detecção e alarme automáticos
Extinção inicial do incêndio	-	Provisão de equipamentos portáteis (extintores de incêndio)
Limitação da propagação do incêndio	Compartimentação vertical Compartimentação horizontal	Provisão de sistema de extinção manual (hidrantes e mangotinho) Provisão de sistema de extinção automática de incêndio
Evacuação segura do edifício	Provisão de rotas de fuga seguras e sinalização adequada	Provisão de sinalização de emergência Provisão do sistema de iluminação de emergência Provisão do sistema do controle do movimento da fumaça Provisão de sistema de comunicação de emergência
Precaução contra a propagação do incêndio entre edifícios	Resistência ao fogo da envoltória do edifício, bem como de seus elementos estruturais. Distanciamento seguro entre edifícios	-
Precaução contra o colapso estrutural	Resistência ao fogo da envoltória do edifício, bem como de seus elementos estruturais.	-
Rapidez, eficiência e segurança das operações de combate e resgate.	Provisão de meios de acesso dos equipamentos de combate a incêndio e sinalização adequada	Provisão de sinalização de emergência Provisão do sistema de iluminação de emergência Provisão do sistema do controle do movimento da fumaça

Quadro 2 – Medidas passivas e ativas de proteção contra incêndio

Fonte: Adaptado de Ono (2007).

“As medidas passivas de proteção contra incêndio têm papel destacado na segurança contra incêndio das edificações. Dessa forma, é importante garantir que tais medidas apresentem o desempenho desejado numa situação de incêndio” (ONO, 2007).

O Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico do Paraná (CSCIP), em seu artigo 26º que trata das medidas de Segurança contra incêndio, constitui 23 medidas de segurança contra incêndio das edificações e áreas de risco:

- I - acesso de viatura na edificação e áreas de risco;
- II - separação entre edificações;
- III - resistência ao fogo dos elementos de construção;
- IV - compartimentação;
- V - controle de materiais de acabamento;
- VI - saídas de emergência;
- VII - elevador de emergência;
- VIII - controle de fumaça;
- IX - gerenciamento de risco de incêndio;
- X - brigada de incêndio;
- XI - brigada profissional;
- XII - iluminação de emergência;
- XIII - detecção automática de incêndio;
- XIV - alarme de incêndio;
- XV - sinalização de emergência;
- XVI - extintores;
- XVII - hidrante e mangotinho;
- XVIII - chuveiros automáticos;
- XIX - resfriamento;
- XX - espuma;
- XXI - sistema fixo de gases limpos e dióxido de carbono (CO₂);
- XXII - sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA);
- XXIII - controle de fontes de ignição (sistema elétrico; soldas; chamas; aquecedores etc.) (PARANA, 2018).

De acordo com o artigo Art. 122 da instrução Normativa 001, os sistemas e medidas de segurança contra incêndio e pânico são exigidos em função dos seguintes parâmetros do imóvel:

- I – tipo de ocupação;
- II – altura ou número de pavimentos;
- III – área construída;
- IV – capacidade de lotação;
- V – risco de incêndio (carga de incêndio);
- VI – riscos especiais (SANTA CATARINA, 2015).

2.4.3 Códigos Prescritivos e Códigos Baseados no Desempenho

As exigências impostas às construções são decorrência da observação dos grandes incêndios, que resultaram nos chamados códigos prescritivos. Os códigos prescritivos dizem como alcançar a segurança contra o incêndio sem deixar claro quais são os objetivos dessas recomendações. Como consequência do uso desses códigos o que se observa é que os custos dos projetos tendem a ser maiores devido

à redundância e/ou excesso das medidas de segurança sugeridas pelo código. Soma-se a isto o fato de que muitas vezes tais recomendações não garantem a segurança dos usuários e propriedade no evento de um incêndio (TAVARES; SILVA; DUARTE, 2002).

A legislação aplicada nos estados brasileiros não prevê a adoção de soluções por meio do estudo dos riscos. Uma vez que um regulamento é uma abordagem de como gerenciar um problema de risco, a aceitabilidade de um risco depende da aceitabilidade do regulamento e, também, da forma como este regulamento foi desenvolvido. De modo geral é possível apontar que algumas questões que continuam sem resposta:

- O nível adequado de segurança (ou de risco) que possa ser regulamentado;
- A expectativa relativa ao conceito de risco aceitável; e
- As bases para avaliar os níveis aceitáveis de desempenho de segurança contra incêndio e de riscos (ARMANI, 2018).

De acordo com a *National Fire Protection Association - NFPA* o conceito entre os códigos pode ser definido como:

- I. Documento baseado em desempenho (*Performance-based concept*): Um código ou um padrão que indique especificamente os seus objetivos de segurança de incêndio, e referencie métodos aprovados que possam ser usados para demonstrar a conformidade com as suas exigências. O documento pode ser fraseado como um método para quantificar equivalências embasado num código prescritivo existente ou padrão, ou pode identificar um ou mais códigos prescritivos ou padrões como soluções aprovadas. De qualquer forma, o documento original permite o uso de qualquer solução que demonstre a conformidade.
- II. Documento baseado em prescrição (*Prescriptive-based document*): Um código ou um padrão que prescreva a segurança de incêndio para uso ou aplicação genérico. A Segurança de incêndio é obtida especificando determinadas características de construção, limitando dimensões ou sistemas de proteção sem consultar como estas exigências conseguiram atingir um determinado objetivo de segurança de incêndio. Tipicamente estes documentos não indicam seus objetivos de segurança de incêndio (FARIA, 2018).

Os códigos baseados no desempenho são dinâmicos, pois consideram todos os agentes envolvidos a considerar “dinâmica do incêndio, a edificação e o comportamento das pessoas. Assim, os objetivos desejados são apresentados sendo deixada a critério dos projetistas a liberdade para escolher a solução que irá satisfazer os objetivos especificados” (TAVARES; SILVA; DUARTE, 2002).

Comparando as suas vantagens e desvantagens é possível sintetizar conforme mostra o quadro 3 .

VANTAGENS:	DESVANTAGENS:
Análise direta, i.e., interpretação direta com o estabelecido nas normas e códigos.	Recomendações específicas sem que a intenção das mesmas seja declarada.
Não são necessários engenheiros com uma qualificação mais específica.	A estrutura dos códigos existentes é complexa
	Não é possível promover projetos mais seguros e a um custo menor.
	Pouco flexíveis quanto à inovação.
	É assumida uma única maneira de assegurar a segurança contra incêndios.

Quadro 3- vantagens e desvantagens dos códigos prescritivos

Fonte: Tavares; Silva; Duarte (2002)

Os códigos baseados em desempenho apresentam as seguintes características conforme quadro 4.

VANTAGENS:	DESVANTAGENS:
Estabelecimento de objetivos de segurança claramente definidos, ficando a critério dos engenheiros a metodologia para atingi-los.	Dificuldade em definir critérios quantitativos, i.e., critérios de desempenho.
Flexibilidade para a introdução de soluções inovadoras, as quais venham a atender aos critérios de desempenho.	Necessidade de treinamento, especialmente durante os primeiros estágio de implementação.
Harmonização com normas e códigos internacionais.	Dificuldade para análise e avaliação.
Possibilidade de projetos mais seguros e com custo menor.	Dificuldades na validação das metodologias usadas na quantificação.
Introdução de novas tecnologias no mercado.	É assumida uma única maneira de assegurar a segurança contra incêndios.

Quadro 4 - vantagens e desvantagens dos códigos baseados no desempenho

Fonte: Tavares; Silva; Duarte (2002)

2.5 GESTÃO E ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIO

2.5.1 O Conceito da Gestão de Riscos de Incêndio

Para Armani (2018) o risco de incêndio é algo inerente às edificações, sobretudo aquelas em que exista um elevado número de pessoas ou aquelas em

que a densidade de carga de incêndio, o tipo e a disposição de materiais construtivos sejam suficientes para dificultar as ações de controle da propagação de chamas, além da formação de gases e vapores tóxicos. A segurança contra os incêndios estruturais, ou seja, aqueles que ocorrem em edificações, engloba diversos aspectos e etapas, tais como: o projeto, a execução de instalações, o treinamento de pessoas, o comissionamento e a manutenção dos diversos sistemas e equipamentos de forma adequada.

As seguintes consequências devem ser consideradas numa análise de risco de incêndio:

- Perdas humanas;
- Danos ambientais;
- Danos à propriedade;
- Interrupção dos negócios;
- Custos de implementação de programa de controle de riscos;
- Perdas para a imagem;
- Medições (financeiras) (ARMANI, 2018).

Segundo a NBR 13860 a análise de risco poder ser definida como ‘conjunto de técnicas e métodos aplicados a um processo de instalação industrial, com o objetivo de identificar e avaliar os riscos e propor medidas para eliminação, redução ou minimização das conseqüências dos riscos’ (ABNT, 1997).

De acordo com a ISO 31000 que trata da Gestão de riscos (Princípios e diretrizes), o risco tem sua dimensão ou magnitude caracterizada por uma variável denominada nível de risco, definida como a combinação entre as probabilidades e consequências associadas a este risco. A avaliação de riscos se fundamenta na comparação dos níveis de risco com os critérios de risco determinados e, assim, busca definir a necessidade do tratamento do risco considerado (ABNT, 2009).

A gestão de risco de incêndio “gestão de risco de incêndio possibilita a análise permanente das condições de segurança contra incêndio, diferente do conceito de que basta uma edificação possuir o licenciamento em dia para que esteja segura” (ARMANI, 2018).

A ISO 31000 coloca a gestão de riscos como um processo cíclico que, a partir da caracterização do contexto envolvido, estabelece a identificação, análise dos riscos e avaliação destes riscos quanto à possibilidade de sua modificação por meio de tratamento, com a comunicação e consulta a partes interessadas e com o monitoramento e análise crítica da situação destes riscos e das ações envolvidas, como apresentado na Figura 3 (ABNT, 2009).

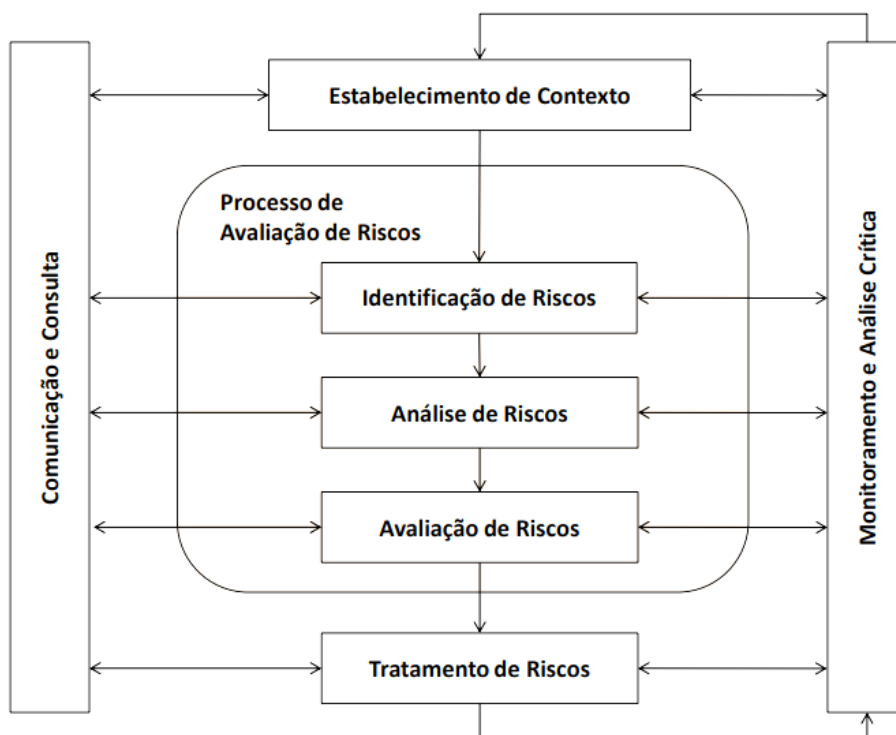


Figura 3 - Processo de gestão de riscos segundo
Fonte: ABNT (2009)

2.5.2 Técnicas de Análise de Riscos

A gestão de riscos tem por objetivo manter os riscos abaixo dos limites toleráveis. O processo é composto pela identificação dos perigos, avaliação dos riscos, risco tolerado e tratamento dos riscos conforme figura 4 (CARDELLA, 2016).

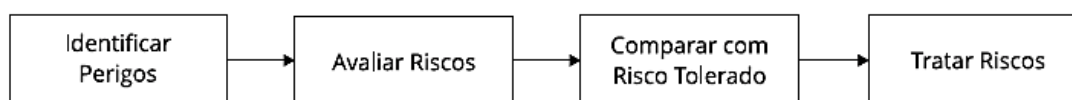


Figura 4 – Processo da gestão de Riscos
Fonte: Cardella (2016)

Perigo é caracterizado por ser uma situação de risco indesejado a saúde física, psíquica ou ao patrimônio. Já o risco é a probabilidade de ocorrência deste evento indesejado, ou seja, o potencial de danos à saúde (BARSANO, 2014).

As técnicas de análise de risco variam desde as mais simples até as mais complexas, podendo ser do tipo qualitativa (*What If, Checklist, Matriz de Riscos, HAZOP e Árvore de Causas*), semi quantitativa (*Análise de Árvore de Evento, Análise de Árvore de Falhas, Método de Grétener*) ou quantitativa (*FUZZY, Monte Carlo, Modos de Falha e Estudos de Efeito - FMEA*) e são sintetizadas no quadro 5 (ARMANI, 2018).

TÉCNICA	DESCRIÇÃO
<i>Checklist</i>	Forma simples de identificação de riscos. Técnica que fornece uma listagem de incertezas típicas que devem ser consideradas
<i>What if</i>	Sistema para solicitar uma equipe para identificar riscos. Normalmente associada a uma técnica de análise e avaliação de riscos .
Matriz de riscos	Permite mensurar, avaliar e ordenar os eventos de riscos que podem afetar o alcance dos objetivos.
HAZOP	Permite o exame detalhado dos parâmetros variáveis de um processo, sendo identificados os caminhos pelos quais os equipamento podem falhar ou serem inadequadamente operados. É muito semelhante à FMEA.
Análise de causa e efeito	Um efeito pode ter uma série de fatores contributivos, que são agrupados em categorias. Os fatores são identificados por meio de brainstorming e apresentados em forma de diagrama de espinha de peixe.
Análise preliminar de perigos (APP)	Método simples de análise indutiva, cujo objetivo é identificar os perigos, situações e eventos perigosos que podem causar danos para uma determinada atividade, instalação ou sistema.
Análise de árvore de eventos	Utiliza o raciocínio indutivo para traduzir as probabilidades de diferentes eventos iniciais em resultados possíveis.
Análise de árvore de falhas	Técnica que se inicia com o evento indesejado e determina todas as formas em que ele poderia ocorrer; os eventos são apresentados graficamente em um diagrama de árvore lógica.
Grétener	Método criado por Max Grétener, e visava calcular os riscos em construções industriais e edificações de grande porte. Foi atualizado desde 1965, e a ABNT optou por esse método como base da norma sobre o potencial de riscos de incêndios em edificações. Quantifica diversos fatores de um incêndio.
Delphi	Meio de combinar as opiniões e especialistas que possam apoiar a fonte e influenciar a estimativa de identificação, probabilidade e consequência e avaliação de riscos.
Fuzzy	Permite gerar uma lista de riscos priorizados para tratamento, com o objetivo de melhorar a distribuição e alocação dos recursos escassos disponibilizados para tais tratamentos.
Monte Carlo	Técnica matemática computadorizada que possibilita levar em conta o risco em análises qualitativas e tomadas de avaliação.
FMEA	A análise de modo de falhas e efeitos (FMEA) é uma técnica que identifica os modos e os mecânicos de falha e seus efeitos.

Quadro 5 – Principais técnicas de análise de Risco
Fonte: Moraes (2013) apud Armani (2018)

2.6 ANÁLISE DE AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO

2.6.1 *Analytic Hierarchy Process* (AHP)

Desenvolvido por Thomas L. Saaty em 1980, o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) é um dos primeiros métodos desenvolvidos no ambiente das Decisões Multicritério Discretas. O método AHP divide o problema em níveis hierárquicos, facilitando sua compreensão e avaliação, e determina por meio da síntese dos valores dos decisores, uma medida global para cada uma das alternativas, priorizando-as ou classificando-as ao finalizar o método (GOMES, 2004).

O método AHP fornece um procedimento compreensivo e racional para modelar um problema de avaliação, através das variáveis envolvidas em uma hierarquia de critérios ponderados. A hierarquia de critérios e pesos é definida pelos tomadores de avaliação à medida que se constrói o modelo. Os critérios são comparados entre si dois a dois, o que introduz um componente subjetivo no modelo. Isto é, os critérios e pesos são resultados de julgamentos humanos, não simplesmente informações matemáticas (TRENTIM, 2012 apud VERZENHASSI 2014).

A utilização do AHP se inicia pela decomposição do problema em uma hierarquia de critérios, A partir do momento em que essa hierarquia lógica está construída, os tomadores de avaliação avaliam sistematicamente as alternativas por meio da comparação, de duas a duas, dentro de cada um dos critérios. Essa comparação pode utilizar dados concretos das alternativas ou julgamentos humanos como forma de informação subjacente (SAATY, 2008 apud VARGAS 2010).

Segundo Vargas (2010) a utilização do AHP se dá através da decomposição do problema em uma hierarquia de critérios, tornando facilmente analisáveis e comparáveis de modo independente, e quando essa hierarquia lógica está construída, os tomadores de avaliação avaliam sistematicamente as alternativas por meio da comparação, de duas a duas, dentro de cada um dos critérios conforme figura 5.

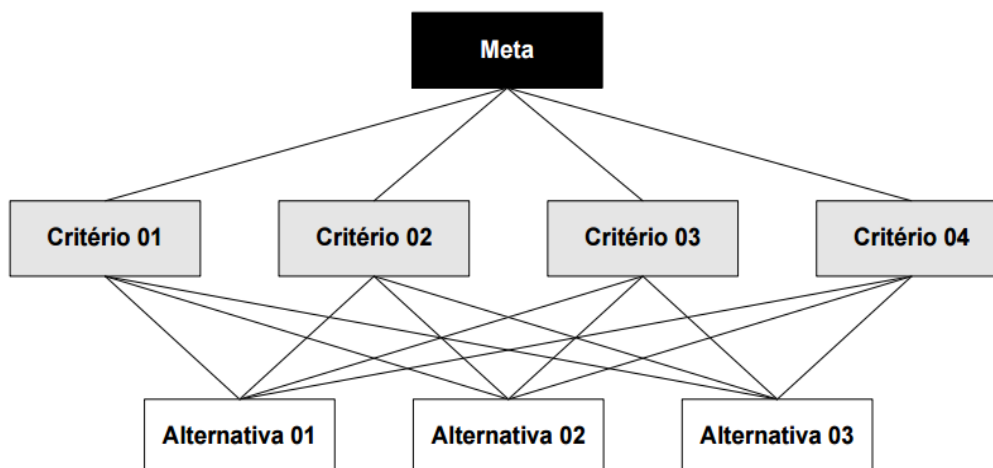


Figura 5 – Processo decisório hierárquico
Fonte: Vargas (2010)

2.6.2 A Escala de Comparação (Escala Saaty)

A comparação entre dois elementos utilizando o AHP pode ser realizada de diferentes formas, no entanto, a escala de relativa importância entre duas alternativas propostas por Saaty 1980 é a mais amplamente utilizada. Atribuindo valores que variam entre 1 a 9, a escala determina a importância relativa de uma alternativa com relação à outra, conforme apresentado na Tabela 2 (GOMEDE; BARROS, 2012).

Tabela 1– Escala Fundamental de Saaty [SAATY 1980]			
Escala	Avaliação	Recíproco	Comentário
Igual importância	1	1	Os dois critérios contribuem igualmente para os objetivos
Importância moderada	3	1/3	A experiência e o julgamento favorecem um critério levemente sobre outro
Mais importante	5	1/5	A experiência e o julgamento favorecem um critério fortemente em relação a outro
Muito importante	7	1/7	Um critério é fortemente favorecido em relação a outro e pode ser demonstrado na prática
Importância extrema	9	1/9	Um critério é favorecido em relação a outro com o mais alto grau de certeza
Valores intermediários	2,4,6 e 8		Quando se procura condições de compromisso (<i>compromise</i>) entre duas definições. É necessário acordo

Fonte: Gomedede e Barros (2012).

3 METODOLOGIA

3.1 ESTUDO DE CASO

A pesquisa a ser realizada neste trabalho apresenta uma abordagem quanti-qualitativa aplicada, pois procura produzir conhecimentos práticos dirigidos à solução de problemas específicos, através da aplicação em um estudo de caso (PRODANOV;FREITAS 2013).

3.1.1 Definição do Problema

Como já abordado anteriormente, no Brasil cabe a cada Estado a elaboração da sua própria Legislação de Segurança Contra Incêndio. Nesse contexto é possível observar que nas diferentes regiões do território nacional as chamadas medidas de segurança exigíveis apresentam-se numa grande variedade. Existem ainda variáveis condicionadas por fatores imponderáveis e uma ação global a fim de eliminar todos os riscos presentes em um incêndio o tornaria inviável economicamente.

A critério do projetista e considerando os objetivos da prevenção contra incêndio abordados na revisão de literatura, é possível agrupar as medidas de segurança exigíveis e conseqüentemente obter através das comparações a escala de contribuição de cada uma das medidas de segurança, quanto ao objetivo da segurança contra incêndio, que esta associada a proteção da vida dos usuários e do patrimônio.

As medidas de segurança serão divididas em categorias: Princípio de incêndio, extinção e inflamação generalizada, propagação para outros ambientes e prédios adjacentes e permitir a fuga dos usuários. Considerou-se que todas as medidas de segurança possíveis de aplicação do objetivo são independentes, como preconiza o método.

3.1.2 Material e métodos de pesquisa

Para o desenvolvimento da pesquisa a fim de mitigar o problema abordado, foi realizado uma revisão dos regulamentos de segurança contra incêndio das edificações e áreas de risco. Os Estados selecionados compreendem uma grande concentração populacional e estão agrupados no quadro 6.

ESTADO/ REGIÃO	LEI/ DECRETO
Rio grande do Sul	Resolução Técnica CBMRS nº 05-Parte 07 de 2016.
Santa Catarina	Instrução Normativa in 001/DAT/CBMSC de 2015.
Paraná	Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico – CSCIP de 2018.
São Paulo	Decreto nº 63.911, de 10 de dezembro de 2018.

Quadro 6– Leis e Decretos Analisados
Fonte: o autor (2019)

A análise das normas e leis de caráter prescritivo permitiu verificar as medidas de segurança comumente exigidas e aplicadas em cada Estado. Considerando a classificação das edificações e áreas de risco quanto a sua ocupação, delimitou-se que a pesquisa abrangeria a ocupação designada como “Local de Reunião de Público”.

3.1.3 Descrição do Método de Comparação

A partir da seleção das medidas de segurança utilizou-se o modelo multicritério de apoio à avaliação com o uso do método *Analytic Hierarchy Process (AHP)*, que foi desenvolvido por Thomas L. Saaty em 1980, sendo um dos primeiros métodos desenvolvidos no ambiente das Decisões Multicritério Discretas. O método AHP divide o problema em níveis hierárquicos, facilitando sua compreensão e avaliação, e determina por meio da síntese dos valores dos decisores, uma medida global para cada uma das alternativas, priorizando-as ou classificando-as ao finalizar o método.

3.2 DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS

Para que um edifício seja seguro contra incêndio, devem-se saber, primeiramente, quais os objetivos dessa segurança e os requisitos funcionais que precisam ser atendidos. Esses requisitos funcionais estão ligados à sequência de etapas de um incêndio: início, crescimento no local de origem, combate, propagação para outros ambientes, evacuação do edifício e propagação para outros edifícios e ruína parcial e/ou total do edifício.

As medidas de segurança contra incêndio das edificações e área de risco para as ocupações designadas à reunião de público foram agrupadas e divididas em quatro categorias: Princípio de incêndio, extinção e inflamação generalizada, propagação para outros ambientes e prédios adjacentes e permitir a fuga dos usuários do edifício conforme mostra a figura 6.

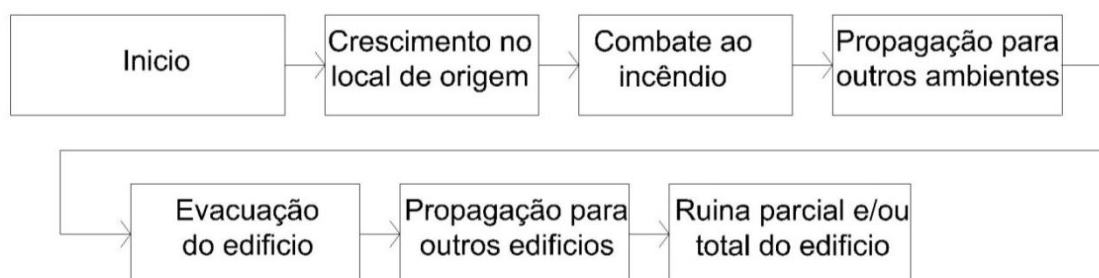


Figura 6– Sequência de etapas de um incêndio
Fonte: o autor (2019)

3.2.1 Princípio de Incêndio

As medidas de segurança consideradas a fim de evitar o princípio de incêndio, estão relacionadas a fatores de projeto os quais devem ser previstos ainda na fase da modelagem arquitetônica. Nessa fase é possível controlar a quantidade de materiais combustíveis constituintes e contidos na edificação, além de realizar o dimensionamento correto do sistema elétrico e demais itens possíveis de se tornarem uma fonte de ignição, e são agrupados no quadro 7.

Princípio de incêndio	
Símbolo	Descrição
P1	Controle de materiais de acabamento
P2	Controle de fontes de ignição
P3	Gerenciamento de risco de incêndio
P4	Deteção automática de incêndio
P5	Alarme de incêndio
P6	Proteção contra descargas atmosféricas

Quadro 7– Princípio de incêndio
Fonte: o autor (2019)

3.2.2 Extinção e Inflamação Generalizada

Se a ignição definitiva for alcançada o material continuará a queimar e desenvolvera a inflamação generalizada (*Flash over*). As medidas de segurança previstas para esse grupo visam realizar a extinção a tempo suficiente para que inflamação generalizada não seja alcançada e são sintetizadas no quadro 8.

Extinção e inflamação generalizada	
Símbolo	Descrição
E1	Extintores de incêndio
E2	Hidrante e mangotinhos
E3	Brigada de incêndio
E4	Chuveiros automáticos
E5	Sistema fixo de gases limpos e dióxido de carbono (CO ₂)

Quadro 8– Extinção e inflamação generalizada
Fonte: o autor (2019)

A ressalva vai para as atribuições relacionadas à brigada de incêndio, que além do combate ao incêndio, atual também no processo de evacuação e na prestação dos primeiros socorros.

3.2.3 Propagação Para Outros Ambientes e Prédios Adjacentes (*Convection*)

As medidas aqui citadas são denominadas de medidas de proteção passiva contra incêndio. Aquelas que são incorporadas as características construtivas da edificação e tem papel importante na limitação, crescimento para outros ambientes e edificações adjacentes, incluindo ainda a questão da acessibilidade do corpo de bombeiros à edificação, e são agrupadas no quadro 9.

Propagação Para Outros Ambientes e Prédios Adjacentes	
Símbolo	Descrição
C1	Separação entre edificações
C2	Compartimentação
C3	Acesso de viatura na edificação

Quadro 9– Propagação para outros ambientes e prédios adjacentes
Fonte: o autor (2019)

3.2.4 Permitir a Fuga dos Usuários

As medidas de segurança agrupadas a seguir são denominadas de medidas de proteção passiva e ativa. Visam assegurar a fuga dos usuários do edifício de forma segura, além de permitir o acesso do corpo de bombeiros para o combate ao fogo. As medidas de segurança são agrupadas no quadro 10.

Permitir a Fuga dos usuários	
Símbolo	Descrição
F1	Saídas de emergência
F2	Controle de fumaça
F3	Iluminação de emergência
F4	Sinalização de emergência
F5	Elevador de emergência
F6	Plano de ação Emergencial (PAE)

Quadro 10– Permitir a fuga dos usuários
Fonte: o autor (2019)

4 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

4.1 ESTRUTURAÇÃO DA HIERARQUIA DE AVALIAÇÃO

A estruturação da hierarquia para o objetivo da segurança contra incêndio e pânico nas áreas de risco é estruturada em níveis hierárquicos como preconiza o método aplicado, como mostra a figura 7.

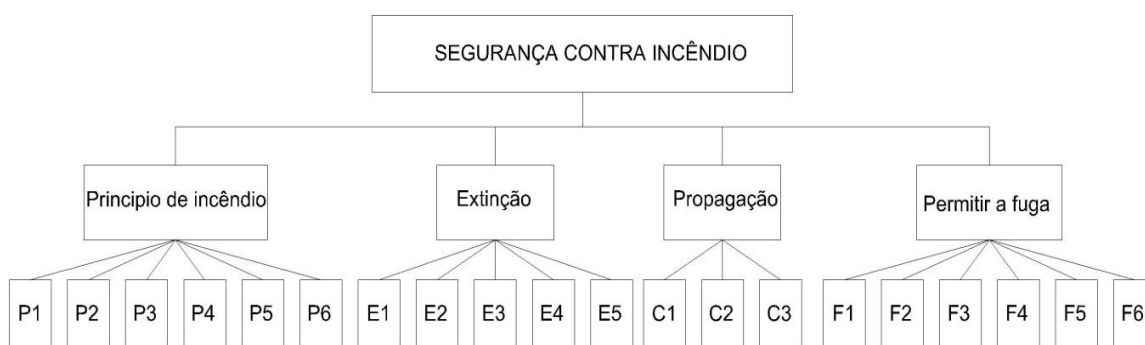


Figura 7 – Estruturação da hierarquia para o objetivo da prevenção de incêndio
Fonte: o autor (2019)

Uma vez que o problema está formulado e a hierarquia construída e validada, inicia-se o processo de julgamento, na qual os decisores exprimem suas preferências, através da construção das matrizes de comparação par a par dos critérios.

4.2 CONSTRUÇÃO DAS MATRIZES DE COMPARAÇÃO PARA OS CRITÉRIOS

O sistema de pontuação é obtido através de respostas a questionários que atribuem notas de 0 a 1 para cada critério. De modo a definir-se o vetor pesos w com relação aos critérios, estes foram comparados dois a dois, conforme o método AHP e a escala linear de Saaty, preenchendo-se assim uma matriz de comparação.

Encontrando-se o autovetor da matriz e normalizando-o, obtém-se o vetor peso w para cada conjunto de subcritérios.

4.2.1 Pontuação para o Princípio de Incêndio (P)

A pontuação para o princípio de incêndio é obtida ao avaliar as exigências realizadas para cada Estado selecionado. A qual cada um das medidas de segurança apresenta uma contribuição em relação ao objetivo e são identificados no quadro 11.

Requisitos e Critérios		Pontuação	Pontuação final
Princípio de incêndio	P1. Controle de materiais de acabamento	Atende → P1= 1,0	P1
		Não atende → P1= 0	
	P2. Controle de fontes de ignição	Atende → P2= 1,0	P2
		Não atende → P2= 0	
	P3. Gerenciamento de risco de incêndio	Atende → P3= 1,0	P3
		Não atende → P3= 0	
	P4. Detecção automática de incêndio	Atende → P4= 1,0	P4
		Não atende → P4= 0	
	P5. Alarme de incêndio	Atende → P5= 1,0	P5
		Não atende → P5= 0	
	P6. Sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA)	Atende → P6= 1,0	P6
		Não atende → P6= 0	

Quadro 11– Princípio de incêndio
Fonte: o autor (2019)

4.3.1.1 Construção das matrizes de comparação para princípio de incêndio (P)

Neste passo forma-se a matriz de avaliação para obtenção dos valores de importância dos critérios. As medidas de segurança são comparadas par a par e atribuindo-se as suas respectivas importâncias. A atribuição desses valores é baseada na Escala Fundamental de Saaty.

A matriz de avaliação que reflete os julgamentos do grupo de decisores é também chamada de matriz de consenso e é utilizada para a obtenção do resultado final do vetor prioridade ou autovetor é apresentado na tabela 1.

Tabela 2– Matriz de avaliação entre os critérios com relação ao Princípio de Incêndio (P)

Princípio de incêndio													
	P1. Controle de materiais de acabamento	P2. Controle de fontes de ignição	P3. Gerenciamento de risco de incêndio	P4. Detecção automática de incêndio	P5. Alarme de incêndio	P6. Sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA)	Matriz Normalizada						Autovetor normalizado
P1. Controle de materiais de acabamento	1	1	1	3	3	9	0,26	0,15	0,26	0,38	0,23	0,35	0,270
P2. Controle de fontes de ignição	1	1	1	1/3	3	5	0,26	0,15	0,26	0,04	0,23	0,19	0,189
P3. Gerenciamento de risco de incêndio	1	1	1	3	3	5	0,26	0,15	0,26	0,38	0,23	0,19	0,245
P4. Detecção automática de incêndio	1/3	3	1/3	1	3	3	0,09	0,46	0,09	0,13	0,23	0,12	0,183
P5. Alarme de incêndio	1/3	1/3	1/3	1/3	1	3	0,09	0,05	0,09	0,04	0,08	0,12	0,076
P6. Sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA)	1/9	1/5	1/5	1/3	1/3	1	0,03	0,03	0,05	0,04	0,03	0,04	0,036
SOMATORIO	3,78	6,53	3,87	8,00	13,33	26,00							

Fonte: o autor (2019)

A pontuação final com relação ao critério técnico é determinada a partir da solução da equação (1):

$$P = W_{P1} \cdot P1 + W_{P2} \cdot P2 + W_{P3} \cdot P3 + W_{P4} \cdot P4 + W_{P5} \cdot P5 + W_{P6} \cdot P6 \quad (1)$$

Onde:

P= Pontuação total do critério

W_{P1} = Autovetor normalizado

P1= Nota atribuída ao critério

Substituindo-se o vetor peso:

$$P = 0,27.P1 + 0,189.P2 + 0,245.P3 + 0,183.P4 + 0,076.P5 + 0,036.P6$$

4.2.2 Pontuação pra a Extinção e Inflamação Generalizada (E)

A pontuação para as medidas de segurança consideradas para a extinção e inflamação generalizada são identificados no quadro 12.

Requisitos e Critérios		Pontuação	Pontuação final
Extinção e inflamação generalizada	E1. Extintores de incêndio	Atende →E1= 1,0	E1
		Não atende →E1= 0	
	E2. Hidrante e mangotinhos	Atende →E2= 1,0	E2
		Não atende →E2= 0	
	E3. Brigada de incêndio	Atende →E3= 1,0	E3
		Não atende →E3= 0	
	E4. Chuveiros automáticos	Atende →E4= 1,0	E4
		Não atende →E4= 0	
	E5. Sistema fixo de gases limpos e dióxido de carbono (CO ₂)	Atende →E5= 1,0	E5
		Não atende →E5= 0	

Quadro 12– Extinção e inflamação generalizada
Fonte: o autor (2019)

4.3.2.1 Construção das matrizes de comparação para extinção e inflamação generalizada (E)

A matriz de avaliação que reflete os julgamentos do grupo de decisores é também chamada de matriz de consenso e é utilizada para a obtenção do resultado final do vetor prioridade ou autovetor é apresentado na tabela 2.

Tabela 3– Matriz de avaliação entre os critérios extinção e inflamação generalizada (E)

Extinção e inflamação generalizada											
	E1. Extintores de incêndio	E2. Hidrante e mangotinhos	E3. Brigada de incêndio	E4. Chuveiros automáticos	E5. Sistema fixo de gases limpos e dióxido de carbono (CO2)	Matriz Normalizada					Autovetor normalizado
E1. Extintores de incêndio	1	3	1	1	1	0,23	0,43	0,11	0,23	0,23	0,25
E2. Hidrante e mangotinhos	1/3	1	1	1	1	0,08	0,14	0,11	0,23	0,23	0,16
E3. Brigada de incêndio	1	1	1	1/3	1/3	0,23	0,14	0,11	0,08	0,08	0,13
E4. Chuveiros automáticos	1	1	3	1	1	0,23	0,14	0,33	0,23	0,23	0,23
E5. Sistema fixo de gases limpos e dióxido de carbono (CO2)	1	1	3	1	1	0,23	0,14	0,33	0,23	0,23	0,23
SOMATÓRIO	4,33	7,00	9,00	4,33	4,33						

Fonte: o autor (2019)

A pontuação final com relação à extinção e inflamação generalizada é determinada a partir da solução da equação (2):

$$E = W_{E1} \cdot E1 + W_{E2} \cdot E2 + W_{E3} \cdot E3 + W_{E4} \cdot E4 + W_{E5} \cdot E5 \quad (2)$$

Substituindo-se o vetor peso na equação (2):

$$E = 0,25 \cdot E1 + 0,16 \cdot E2 + 0,13 \cdot E3 + 0,23 \cdot E4 + 0,23 \cdot E5$$

4.3.3 Pontuação para Propagação para outros ambientes e Prédios adjacentes (C)

A pontuação para a propagação para outros ambientes e prédios adjacentes configura papel importante na redução dos danos à edificação e também para os prédios próximos. As medidas de segurança estão agrupadas no quadro 13.

Requisitos e Critérios		Pontuação	Pontuação final
Propagação para outros ambientes e Prédios adjacentes	C1. Separação entre edificações	Atende →C1= 1,0	C1
		Não atende →C1= 0	
	C2. Compartimentação	Atende →C2= 1,0	C2
		Não atende →C2= 0	
	C3. Acesso de viatura na edificação e áreas de risco	Atende →C3= 1,0	C3
		Não atende C3= 0	

Quadro 13– Propagação para outros ambientes e Prédios adjacentes

Fonte: o autor (2019)

4.3.3.1 Construção das matrizes de comparação para propagação para outros ambientes e Prédios adjacentes (C)

A matriz de avaliação que reflete os julgamentos do grupo de decisores é também chamada de matriz de consenso e é utilizada para a obtenção do resultado final do vetor prioridade ou autovetor é apresentado na tabela 3.

Tabela 4– Matriz de avaliação entre os critérios extinção e inflamação generalizada (E)

Propagação para outros ambientes e Prédios adjacentes							
	C1. separação entre edificações	C2. Compartime.	C3. Acesso de viatura na edificação e áreas de risco	Matriz Normalizada			Autovetor normalizado
C1. separação entre edificações	1	3	5	0,65	0,69	0,56	0,63
C2. Compartimentação	1/3	1	3	0,22	0,23	0,33	0,26
C3. Acesso de viatura na edificação e áreas de risco	1/5	1/3	1	0,13	0,08	0,11	0,11
SOMATÓRIO	1,53	4,33	9,00				

Fonte: o autor (2019)

A pontuação final com relação ao critério Comercial é determinada a partir da solução da equação (3):

$$C = W_{C1} \cdot C1 + W_{C2} \cdot C2 + W_{C3} \cdot C3 \quad (3)$$

Substituindo-se o vetor peso na equação (3):

$$C = 0,63 \cdot C1 + 0,26 \cdot C2 + 0,11 \cdot C3$$

4.3.4 Pontuação para Permitir a fuga dos usuários do edifício (F)

A pontuação para o grupo de medidas designadas a permitir a fuga dos usuários do edifício é considerada juntamente com a proteção da edificação como os principais objetivos da Segurança contra Incêndio. As medidas de segurança estão agrupadas no quadro 14.

Requisitos e Critérios		Pontuação	Pontuação final
Permitir a fuga dos usuários do edifício	F1. Saídas de emergência	Atende →F1= 1,0	F1
		Não atende →F1= 0	
	F2. Controle de fumaça	Atende →F2= 1,0	F2
		Não atende →F2= 0	
	F3. Iluminação de emergência	Atende →F3= 1,0	F3
		Não atende →F3= 0	
	F4. Sinalização de emergência	Atende →F4= 1,0	F4
		Não atende →F4= 0	
	F5. Elevador de emergência	Atende →F5= 1,0	F5
		Não atende →F5= 0	

Quadro 14– Permitir a fuga dos usuários do edifício
Fonte: o autor (2019)

4.3.4.1 Construção das matrizes de comparação permitir a fuga dos usuários do edifício (F)

A matriz de avaliação que reflete os julgamentos do grupo de decisores é também chamada de matriz de consenso e é utilizada para a obtenção do resultado final do vetor prioridade ou autovetor é apresentado na tabela 4.

Tabela 5– Matriz de avaliação permitir a fuga dos usuários (F)

Permitir a fuga dos usuários do edifício													
	F1. Saídas de emergência	F2. Controle de fumaça	F3. Iluminação de emergência	F4. Sinalização de emergência	F5. Elevador de emergência	F6. Plano de ação Emergencial (PAE)	Matriz Normalizada						Autovetor normalizado
F1. Saídas de emergência	1	3	1	3	7	3	0,32	0,23	0,31	0,38	0,27	0,28	0,30
F2. Controle de fumaça	1/3	1	1/3	1/3	5	1/3	0,11	0,08	0,10	0,04	0,19	0,03	0,09
F3. Iluminação de emergência	1	3	1	3	5	3	0,32	0,23	0,31	0,38	0,19	0,28	0,29
F4. Sinalização de emergência	1/3	3	1/3	1	5	3	0,11	0,23	0,10	0,13	0,19	0,28	0,17
F5. Elevador de emergência	1/7	1/5	1/5	1/5	1	1/3	0,05	0,02	0,06	0,03	0,04	0,03	0,04
F6. Plano de ação Emergencial (PAE)	1/3	3	1/3	1/3	3	1	0,11	0,23	0,10	0,04	0,12	0,09	0,11
SOMATÓRIO	3,14	13,20	3,20	7,87	26,00	10,67							

Fonte: o autor (2019)

A pontuação final com relação ao critério Comercial é determinada a partir da solução da equação (4):

$$F = W_{F1} \cdot F1 + W_{F2} \cdot F2 + W_{F3} \cdot F3 + W_{F4} \cdot F4 + W_{F5} \cdot F5 \quad (4)$$

Substituindo-se o vetor peso na equação (3):

$$F = 0,30 \cdot F1 + 0,09 \cdot F2 + 0,29 \cdot F3 + 0,17 \cdot F4 + 0,04 \cdot F5 + 0,11 \cdot F6$$

4.3.2 Construção das Matrizes de Comparação entre os Requisitos Estabelecidos do Modelo

A seguir é apresentada a matriz de avaliação em grupo dos julgamentos entre os requisitos com relação ao objetivo na tabela 5.

Tabela 6– Cálculo da Matriz de avaliação e normalização do Autovetor em relação ao objetivo

Matriz objetivo									
	Princípio de incêndio	Extinção e inflamação generalizada	Propagação para outros ambientes e Prédios adjacentes	Permitir a fuga dos usuários do edifício	Matriz Normalizada				Autovetor normalizado
Princípio de incêndio	1	5	5	1	0,42	0,54	0,31	0,40	0,417
Extinção e inflamação generalizada	1/5	1	3	1/3	0,08	0,11	0,19	0,13	0,128
Propagação para outros ambientes e Prédios adjacentes	1/5	1/3	1	1/7	0,08	0,04	0,06	0,06	0,060
Permitir a fuga dos usuários do edifício	1	3	7	1	0,42	0,32	0,44	0,40	0,395
Σ	2,40	9,33	16,00	2,48					

Fonte: o autor (2019)

4.3.8 Verificação da Razão de Coerência dos Critérios

Saaty (2005, apud GOMEDE;BARROS,2012) propôs o que foi chamado de taxa de consistência (RC). Ela é determinada pela razão entre o valor do índice de consistência (IC) e o índice de consistência aleatória (IR) dado pela equação (7). A matriz será considerada consistente se a razão for menor que 10%.

$$RC = \left(\frac{IC}{IR} \right) < 0,1 \sim 10\% \quad (5)$$

Onde:

$$\text{Índice de Coerência (IC)} = \left(\frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \right) \quad (6)$$

n = número de requisitos atribuído na matriz

IR = índice randômico fornecido pela tabela 6.

λ_{\max} = autovalor

Tabela 7 – Índice Randômico (IR)

Dimensão da matriz (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valor de RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Gomedes; Barros (2012)

Cálculo do auto valor λ_{\max} :

Tabela 8 – Cálculo do autovalor λ_{\max}

Matriz objetivo										
	Princípio de incêndio	Extinção e inflamação generalizada	Propagação para outros ambientes e Prédios adjacentes	Permitir a fuga dos usuários do edifício	Matriz Normalizada				Autovetor normalizado	λ_{\max}
Princípio de incêndio	1	5	5	1	0,42	0,54	0,31	0,40	0,417	1,001
Extinção e inflamação generalizada	1/5	1	3	1/3	0,08	0,11	0,19	0,13	0,128	1,196
Propagação para outros ambientes e Prédios adjacentes	1/5	1/3	1	1/7	0,08	0,04	0,06	0,06	0,060	0,957
Permitir a fuga dos usuários do edifício	1	3	7	1	0,42	0,32	0,44	0,40	0,395	0,978
	Σ	2,40	9,33	16,00	2,48				Σ	4,132

Fonte: o autor (2019)

Verificação da Razão de Coerência (RC) :

$$(Ic) = \left(\frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \right) = \left(\frac{4,132 - 4}{4 - 1} \right) = 0,041$$

$$RC = \left(\frac{IC}{IR} \right) = \left(\frac{0,041}{0,90} \right) = 0,0488 \quad \quad \quad \mathbf{RC = 0,0488}$$

Como a razão de Coerência calculado (RC) < 10 %, o julgamento está coerente.

A verificação da razão de coerência para os demais grupos do objetivo são sintetizados na tabela 8.

Tabela 9– Razão de Coerência para cada grupo de requisitos

	λ_{\max} =(vetor Eigen)	n=(quantidade de critérios avaliados)	Ic= (índice de consistência)	IR	RC=(Razão de Coerência)	RC=(Razão de Coerência)
Princípio de incêndio	6,626	6	0,125	1,240	0,101	OK
Extinção e inflamação generalizada	5,352	5	0,088	1,120	0,079	OK
Propagação para outros ambientes e Prédios adjacentes	3,055	3	0,028	0,580	0,048	OK
Permitir a fuga dos usuários do edifício	6,597	6	0,119	1,240	0,096	OK

Fonte: o autor (2019)

Razão de Coerência calculado (RC) < 10 %, o julgamento esta coerente.

Após a verificação da razão de coerência para os grupos de critérios estabelecidos no modelo, ocorre a obtenção da pontuação final. Essa razão é dada pela matriz **D** com a avaliação dos 4 (quatro) grupos de critérios, e são apresentados na tabela 9.

Tabela 10– Matriz de avaliação

D	Princípio de incêndio	Extinção e inflamação generalizada	Propagação para outros ambientes e Prédios adjacentes	Permitir a fuga dos usuários do edifício	Autovetor normalizado w	PONTUAÇÃO FINAL
A	Ta	Ea	Ca	Fa	0,417	Σa
B	Tb	Eb	Cb	Fb	0,128	Σb
C	Tc	Ec	Cc	Fc	0,060	Σc
D	Td	Ed	Cd	Fd	0,395	Σd

Fonte: o autor (2019)

A pontuação final para cada fornecedor é obtida a partir da equação (9), fundamentada na matriz acima, e serve para a obtenção do *Ranking* final entre os fornecedores:

$$\text{Pontuação Final} = 0,417.P + 0,063 + 0,128.E + 0,060.C + 0,395.F \quad (6)$$

4.4 ANÁLISE DE RESULTADOS DO MODELO PROPOSTO

A Identificação dos perigos e cenários prospectivos que envolvam a ocorrência de um incêndio é de fundamental importância para que os danos possam ser minimizados. Uma vez que o processo de gerenciamento dos riscos deve envolver não apenas o atendimento as normas prescritas de cada Estado, mas, partir do princípio de que todos os riscos do incêndio possam ser identificados e tratados sistematicamente ainda na fase de projetos.

De modo geral as regulamentações em diversos estados brasileiros não prevêem a adoção de soluções por meio dos estudos dos riscos potenciais. De modo geral o nível de segurança ou de risco, e o conceito de risco aceitável continuam sem resposta.

Considerando as fases de evolução de um incêndio discutidas anteriormente buscou-se agrupar as chamadas medidas de segurança prescritivas em grupos de requisitos funcionais. Cada grupo de medidas de segurança tende a contribuir

significativamente com o objetivo principal previsto na segurança contra incêndio e são sintetizadas na figura 8 e 9.

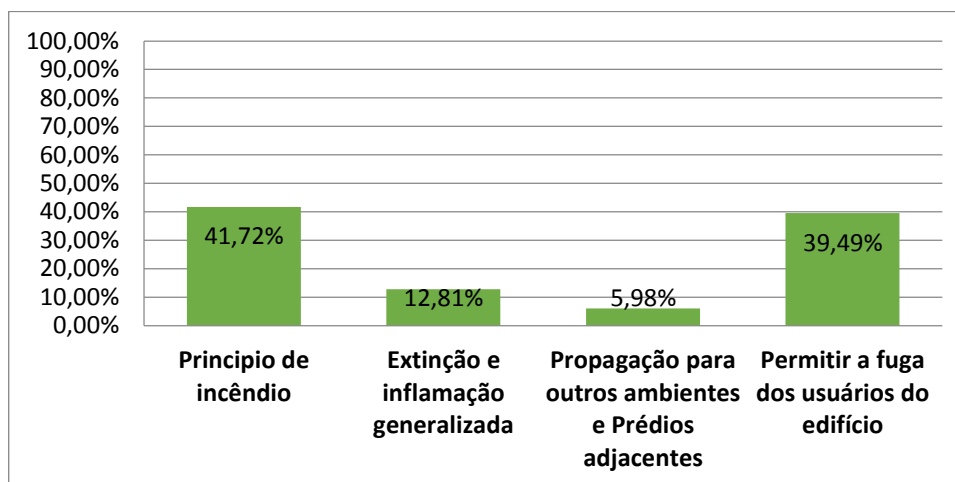


Figura 8– Contribuição para a segurança contra incêndio
Fonte: o autor (2019)



Figura 9– Contribuição para a segurança contra incêndio
Fonte: o autor (2019)

Através da análise das figuras, é possível afirmar que os objetivos da prevenção contra incêndio podem atingir índices satisfatórios se as medidas de

segurança forem tratadas em conjunto, através da compatibilização e da integração racional entre elas. Quando tratados sistematicamente é possível balancear as questões envolvendo as razões econômicas e de segurança no projeto.

No modelo proposto às medidas de segurança agrupadas a fim de eliminar e controlar o princípio de incêndio representam 41,72% do objetivo geral, e seu entendimento pode significar redução de custos e influenciar no fator risco de incêndio. Uma vez que as medidas descritas podem ser previstas ainda na fase de projeto.

O controle de materiais de acabamento pode significar 34,62% na redução do princípio de incêndio, e ainda que na ocorrência do sinistro, permite que as medidas relacionadas à fuga dos usuários possam funcionar efetivamente, pois a escolha adequada dos materiais empregados na edificação é capaz de restringir a propagação do fogo e também na produção da fumaça.

4.5 APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO EM UM ESTUDO DE CASO

A seguir é realizada a aplicação do modelo proposto em um estudo de caso. Foram analisadas as normas prescritivas de quatro Estados brasileiros (Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e São Paulo), sendo que o objetivo é identificar as possíveis diferenças entre as exigências e quais se aproximam do objetivo geral da segurança contra incêndio da edificação.

4.4.1 Caracterização da Edificação

A edificação objeto de comparativo do estudo fica situada na cidade da Lapa no Estado do Paraná. Teve início a construção no ano de 1769 e concluída em 1784. Inicialmente a técnica usada para construção foi a de "taipa de pilão" (terra úmida comprimida entre tábuas móveis, retiradas após escoamento da porção líquida, para em sucessão serem repostas). A partir de 1880 se fez uso de pedra (retirada em grande parte dos paredões do Parque do Monge) e de cal.

A planta retangular é dividida em nave, capela mortuária e aos fundos a sacristia. O telhado é duas águas na nave e capela mortuária. Ao lado esquerdo da fachada, a torre sineira é recoberta por telhado em quatro águas conforme figura 10.

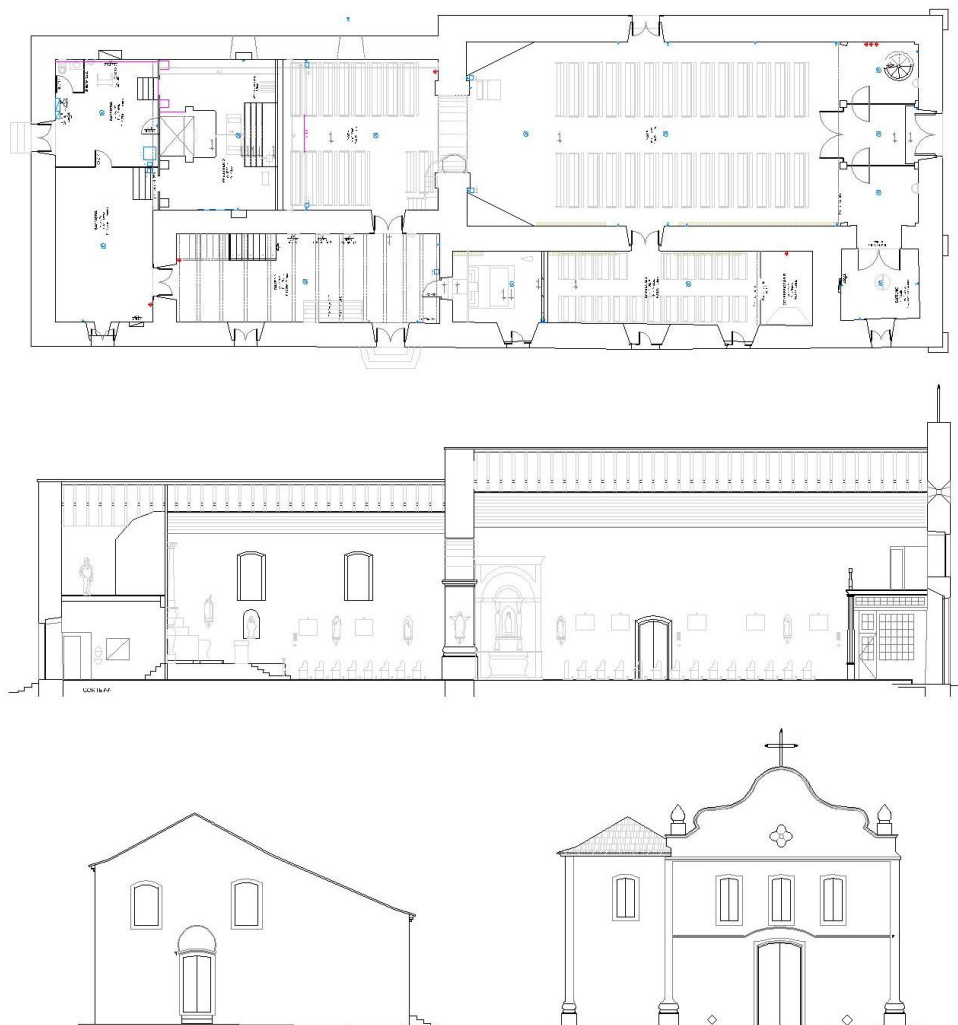


Figura 10– Planta Matriz de Santo Antônio da Lapa
Fonte: o autor (2019)

4.4.2 Medidas de Segurança Exigíveis

A primeira análise foi realizada junto aos Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico de cada Estado objeto de estudo. Para determinar quais as medidas de segurança exigíveis e aplicáveis à edificação faz-se necessário realizar o levantamento prévio dos seguintes dados:

- a) Área da edificação;
- b) Altura da edificação ou compartimento;
- c) Carga de incêndio;
- d) Capacidade de público, já que essa é caracterizada como local de reunião de público.

As exigências são agrupadas no quadro 15 e 16.

Características da edificação	
Área da edificação	717,74 m ²
Altura da edificação ou compartimento	8,95 m
Carga de incêndio	300 MJ/m ²
Capacidade de público	320 pessoas

Quadro 15– Contribuição para a segurança contra incêndio

Fonte: o autor (2019)

Cabe salientar que as medidas de segurança mencionadas às exigibilidades para cada Estado são agrupadas no quadro 16.

Item	Medidas de Segurança Prescritivas	Estados			
		Paraná	São Paulo	Santa Catarina	Rio grande do Sul
1	Controle de materiais de acabamento	x	x ¹	x	
2	Saídas de emergência	x	x	x	x
3	Brigada profissional		x ¹		
4	Iluminação de emergência	x	x ²	x	x
5	Sinalização de emergência	x	x	x	x
6	Extintores	x	x	x	x
7	Plano de ação emergencial (PAE)			x	

Quadro 16 – Medidas de segurança aplicáveis

Fonte: o autor (2019)

Notas:

- (1) Medida de Segurança passa a ser exigida somente quando a lotação for superior a 250 pessoas.
- (2) Medida de Segurança passa a ser exigida para lotação superior a 50 pessoas ou edificações com mais de dois pavimentos.

4.4.3 Aplicação do Modelo Proposto

O sistema de pontuação obtido para cada legislação analisada é sintetizada na tabela 10.

Tabela 11– Pontuação para cada grupo de critérios

		≥	Estado			
			PR	SP	SC	RS
Princípio de incêndio	P1. Controle de materiais de acabamento	0,27	1	1	1	0
	P2. Controle de fontes de ignição	0,19	0	0	0	0
	P3. Gerenciamento de risco de incêndio	0,24	0	0	0	0
	P4. Detecção automática de incêndio	0,18	0	0	0	0
	P5. Alarme de incêndio	0,08	0	0	0	0
	P6. Proteção contra descargas atmosféricas	0,04	0	0	0	0
Somatório do peso princípio de incêndio			0,27	0,27	0,27	0,00
Extinção e inflamação generalizada	E1. Extintores de incêndio	0,25	1	1	1	1
	E2. Hidrante e mangotinhos	0,16	0	0	0	0
	E3. Brigada de incêndio	0,13	0	1	0	0
	E4. Chuveiros automáticos	0,23	0	0	0	0
	E5. Sistema fixo de gases limpos e dióxido de carbono (CO ₂)	0,23	0	0	0	0
Somatório do peso extinção e inflamação generalizada			0,25	0,37	0,25	0,25
Propagação para outros ambientes e Prédios adjacentes	C1. separação entre edificações	0,63	0	0	0	0
	C2. Compartimentação	0,26	0	0	0	0
	C3. Acesso de viatura na edificação	0,11	0	0	0	0
Somatório do peso propagação para outros ambientes			0,00	0,00	0,00	0,00
Permitir a fuga dos usuários do edifício	F1. Saídas de emergência	0,30	1	1	1	1
	F2. Controle de fumaça	0,09	0	0	0	0
	F3. Iluminação de emergência	0,29	1	1	1	1
	F4. Sinalização de emergência	0,17	1	1	1	1
	F5. Elevador de emergência	0,04	0	0	0	0
	F6. Plano de ação Emergencial (PAE)	0,11	0	0	1	0
Somatório do peso permitir a fuga dos usuários			0,76	0,76	0,87	0,76

Fonte: o autor (2019)

Tomando como base o resultado obtido a partir da tabela 12 acima, é possível realizar uma análise quanto ao atendimento para os objetivos específicos da prevenção contra incêndio. A análise é sintetizada na figura 11.

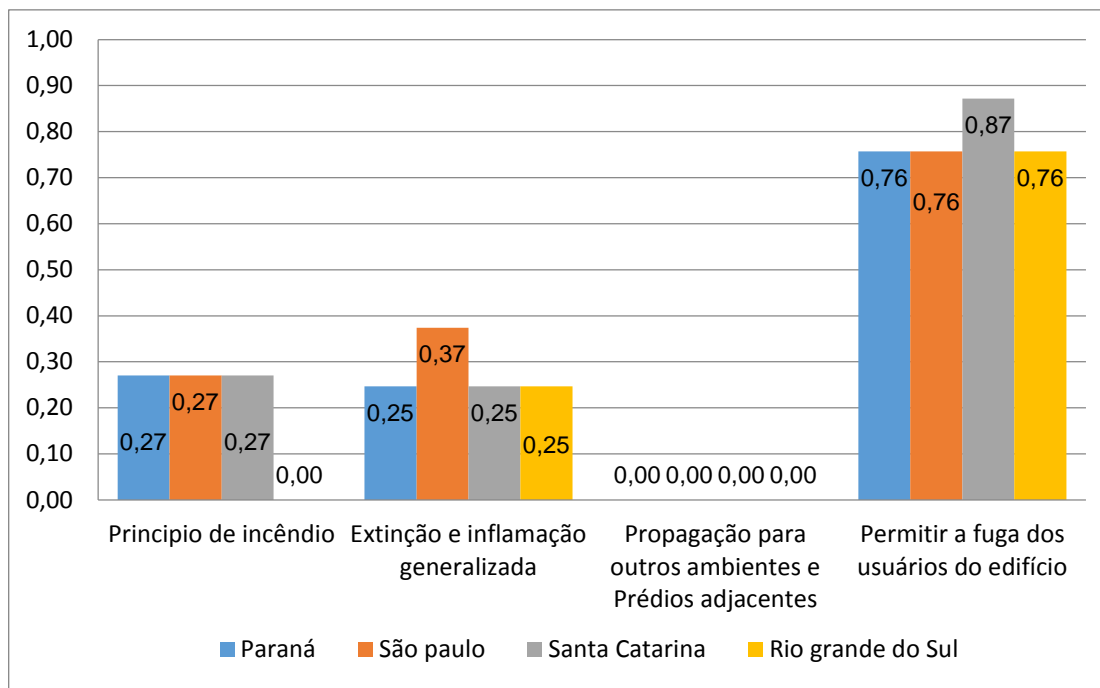


Figura 11– Contribuição para o objetivo específico da segurança contra incêndio
Fonte: o autor (2019)

Em uma análise a respeito dos objetivos específicos da proteção contra incêndio é possível destacar quatro situações:

- I. Os resultados quanto ao objetivo para o princípio de incêndio apresentam uma proximidade, no entanto com destaque negativo para a legislação aplicável no Estado do Rio Grande do Sul que para as edificações designadas para reunião de público não são exigíveis o controle de materiais de acabamento;
- II. Para o item extinção e inflamação generalizada é possível observar uma equiparidade abaixo do esperado as exigências aplicáveis em cada Estado, com uma pequena vantagem para o estado de São Paulo devido ao fato da exigência da brigada de incêndio;
- III. As medidas de segurança exigíveis para permitir a fuga dos usuários atingem índices próximos ao objetivo específico da proteção contra incêndio.
- IV. Em ambas as legislações não se atribui a preocupação quanto a evitar a propagação para outros ambientes e também para prédios adjacentes. Tal premissa precisa ser destacada no âmbito do plano de segurança contra incêndio das edificações.

De posse da fórmula abaixo e substituindo os respectivos valores para cada grupo de critério é possível obter a classificação final quanto ao atendimento do objetivo da prevenção contra incêndio:

$$\text{Pontuação Final} = 0,417.P + 0,128.E + 0,060.C + 0,395.F \quad (6)$$

A classificação final para o problema proposto do estudo de caso, apresentou os seguintes resultados conforme figura 4.

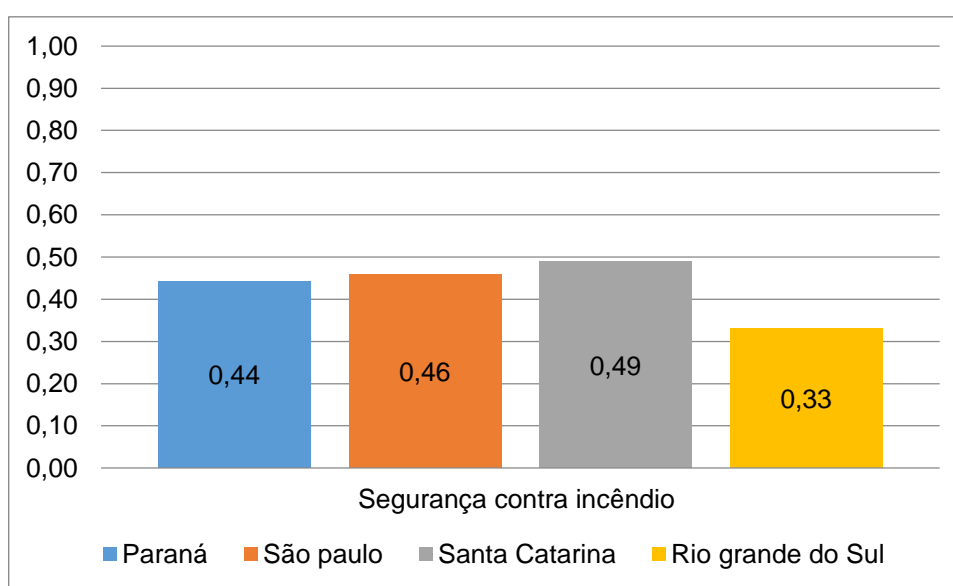


Figura 12—Objetivo geral da segurança contra incêndio
Fonte: o autor (2019)

Considerando as medidas de segurança exigíveis para a edificação objeto de estudo, o objetivo da segurança contra incêndio tende a ter uma efetividade maior pela legislação aplicável nos Estado de Santa Catarina, seguidos por São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul.

5 CONCLUSÃO

Através das pesquisas realizadas foi possível observar que a preocupação com a preservação da vida deve ser constante e objeto de estudos, pesquisas e atualizações das práticas desenvolvidas no sentido de prevenir e, conseqüentemente, evitar que um princípio de incêndio tome proporções catastróficas. A evolução da segurança contra incêndio depende de uma abordagem sistemática que inclua a gestão de riscos e seus efeitos potenciais, além da única observância de critérios e requisitos estabelecido em documentos oficiais, sejam na forma de lei, regulamentações ou de normas técnicas.

A proposta do trabalho foi analisar os critérios mais relevantes, e através da utilização do método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), agruparam-se as medidas de segurança contra incêndio comumente adotado às edificações e áreas de risco para os locais destinados a reunião de público, atribuindo a elas o grau de importância junto ao objetivo do plano de segurança contra incêndio. Sendo que os critérios mais relevantes identificados foram: controle de materiais de acabamento, saídas de emergência, brigada de incêndio, iluminação de emergência, extintores de incêndio, sinalização de emergência e plano de ação emergencial, variando para cada estado analisado. Essa variação de exigências está condicionada as características da edificação: área e altura do compartimento, carga de incêndio e a capacidade de lotação do público.

Através dos resultado obtido durante a aplicação do modelo proposto junto a um estudo de caso, permitiram identificar que o nível de segurança é tratado de forma subjetiva, isso ocorre porque no Brasil não existe um padrão mínimo a ser seguido para os planos de prevenção contra incêndio das edificações e áreas de risco. De maneira geral , o que resulta na situação de que apenas alguns Estados possuem legislações que preenchem requisitos satisfatórios. No entanto, as exigências podem não significar uma solução adequada ao projeto, principalmente se esses requisitos são tratados somente como item de atendimento burocrático.

Com a utilização do método proposto não foi possível definir o nível de segurança aceitável, cabendo a busca por esse parâmetro em pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. “NBR 13860: Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio.” Rio de Janeiro, 1996.

ARMANI, Cassio R. Segurança Contra Incêndio em Edificações- Recomendações. São Paulo : Firek Segurança Contra Incêndio, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS . “NBR 13860.” Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio. RIO DE JANEIRO, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS . “NBR ISO 31000.” Gestão de riscos: princípios e diretrizes. RIO DE JANEIRO, 2009.

BARSANO, Paulo Roberto. Controle de riscos prevenção de acidentes no ambiente ocupacional. 1. São Paulo: Érica, 2014.

BORGES, Jesce J. da S. “Estudo sobre as normas de segurança contra incêndio utilizadas pelos corpos de bombeiros militares do Brasil.” Congresso Ibero-Latino-Americano sobre Segurança contra Incêndio, 2017.

CARDELLA, Benedito. Segurança no trabalho e prevenção de acidentes : uma abordagem holística : segurança integrada à missão organizacional com produtividade, qualidade, preservação ambiental e desenvolvimento de pessoas. 2ª. São Paulo: Atlas, 2016.

COUTINHO, Bianca Alvanegra; CORRÊA, Antônio Ramos. “A interpretação do controle de materiais de acabamentos e de revestimento no processo de segurança contra incêndio e pânico.” (Engineering and Science) II, n. 6 (2016).

FARIA, Marcos Monteiro. Segurança Contra Incêndio em Edificações – Recomendações. SÃO PAULO : Firek Segurança Contra Incêndio, 2018.

GILL, A. A, e V.P SILVA. “O método de Gretener.” Revista Incêndio, fevereiro 2011: 16-21.

GOMEDE, Everton, e Rodolfo M BARROS. “Utilizando o Método Analytic Hierarchy Process (AHP) para Priorização de Serviços de TI: Um Estudo de Caso:.” VIII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI 2012) Trilhas Técnicas. 2012. Disponível em: <www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/sbsi/2012/0041.pdf>. Acesso em 17 de mar. 2019., s.d.

GOMES, L.F.A.M., e M.C. & Carignano, C Gonzalez-Araya. “Tomada de decisões em cenários complexos.” Pioneira Thompson Learning, 2004.

HAHNEMANN, André I.C., Rabbani CORRÊA, e Emilia R. K. RABBANI. “Avaliação de segurança contra incêndio: método alternativo aplicado a edificações brasileiras.” Anais: IV congresso Ibero Latino Americano sobre segurança contra incêndio, 2017.

LUZ NETO, Manoel Altivo da Luz. “Condições de Segurança Contra Incêndio.” Série Saúde & Tecnologia — Textos de Apoio à Programação Física dos Estabelecimentos Assitencias de Saúde, 1995.

MITIDIERI, Marcelo Luis, e Eduardo IOSHIMOTO. “Proposta de classificação de Materiais e Componentes Construtivos com Relação ao Comportamento Frente ao Fogo- Reação ao Fogo.” Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo: EPUSP, 1998. 25.

ONO, Rosaria. “Parâmetros para garantia da qualidade do projeto de segurança contra incêndio em edifícios altos.” Ambiente Construído, 2007: 97-113.

PARANÁ. Policia Militar do Estado do Paraná: Comando do Corpo de Bombeiros “Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico.” CURITIBA , 2018.

PRODANOV, Cleber cristiano, e ERNANI Cesar de freitas. metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. Nova Hamurgo, Rio Grande do Sul: Feevale, 2013.

RIO GRANDE DO SUL. “Resolução técnica cbmrs nº 05: Processo de segurança contra incêndio.” edificações e áreas de risco de incêndio existente . PORTO ALEGRE , 2016.

SALIBA, Tuffi Messiaas. Curso básico de Segurança e higiene ocupacional. Vol. VI. São Paulo: Ltr, 2015.

SANTA CATARINA. “Norma de segurança contra incêndio.” Instrução normativa 001: da atividade técnica. Florianópolis, 2015.

SÃO PAULO. “INSTRUÇÃO TÉCNICA 02 - Conceitos básicos de segurança contra incêndio.” Sao paulo: sao paulo, 2018.

SÃO PAULO, DECRETO Nº 63.911, DE 10 DE DEZEMBRO DE 2018 Institui o Regulamento de Segurança Contra Incêndios das edificações e áreas de risco no Estado de São Paulo e dá providências correlatas, São Paulo, 2018.

SEITO, Alexandre Itiu, Antonio Alfonso GILL, e Fabio Domingos PANNONI. “A Segurança Contra incêndio no Brasil.” Projeto Editora, ,2008: 496.

TAVARES, RODRIGO M, ANDREZA C.P SILVA, e DAYSE DUARTE. “Códigos prescritivos x códigos baseados no desempenho: qual é a melhor opção para o contexto do brasil?” XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2002: 8 .

VALENTIN, Marcos Vargas, e Rosaria ONO. “Saídas de emergência e comportamento humano: uma abordagem histórica e o estado atual da arte no brasil.” NUTAU, 2006: 8.

VARGAS, Ricardo. “Utilizando a Programação Multicritério (AHP) para Selecionar e Priorizar Projetos na Gestão de Portfólio.” s.d.

VERZENHASSI, Camila C. “Modelo multicritério de decisão entre sistemas construtivos sustentáveis para edificações provisórias.” Monografia (Especialização Gerenciamento e Planejamento de Obras) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014. 63.